

PCT/FR 2004 / 0 0 0 8 3 9³

REÇU 29 JUIL. 2004

OMPI PCT

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 03 MARS 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

BEST AVAILABLE COPY

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI


N° 11354*03**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**
page 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 • B / 2105

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

| | | | |
|--|----------------------|--|------|
| REMISE DES PIÈCES DATE 2 AVRIL 2003 LIEU 75 INPI PARIS B N° D'ENREGISTREMENT 0304125 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI - 2 AVR. 2003 | | 1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE CABINET HIRSCH-POCHART 34, rue de Bassano 75008 PARIS FRANCE | |
| Vos références pour ce dossier (facultatif) 20599 SYL 8 | | | |
| Confirmation d'un dépôt par télécopie | | <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie | |
| 2 NATURE DE LA DEMANDE | | Cochez l'une des 4 cases suivantes | |
| Demande de brevet | | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Demande de certificat d'utilité | | <input type="checkbox"/> | |
| Demande divisionnaire | | <input type="checkbox"/> | |
| Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale | | N° | Date |
| | | N° | Date |
| Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale | | <input type="checkbox"/> | Date |
| | | N° | Date |
| 3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) ÉCRAN DE RETROPROJECTION | | | |
| 4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE | | Pays ou organisation Date | |
| | | N° | |
| | | Pays ou organisation Date | |
| | | N° | |
| | | Pays ou organisation Date | |
| | | N° | |
| | | <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» | |
| 5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases) | | <input type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique | |
| Nom ou dénomination sociale | | SYNELEC TELECOM MULTIMEDIA | |
| Prénoms | | | |
| Forme juridique | | | |
| N° SIREN | | | |
| Code APE-NAF | | | |
| Domicile ou siège | Rue | Zone industrielle Saint Sernin sur Rance | |
| | Code postal et ville | 1 2 3 8 0 SAINTSERIN SUR RANCE | |
| | Pays | FRANCE | |
| Nationalité | | | |
| N° de téléphone (facultatif) | | N° de télécopie (facultatif) | |
| Adresse électronique (facultatif) | | | |
| | | <input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» | |

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

2 AVRIL 2003

LIEU

75 INPI PARIS B

N° D'ENREGISTREMENT

0304125

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 210502

| | |
|---|--|
| 6 MANDATAIRE (s'il y a lieu) | |
| Nom | POCHART |
| Prénom | François |
| Cabinet ou Société | Cabinet HIRSCH-POCHART |
| N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel | |
| Adresse | Rue |
| | Code postal et ville |
| | Pays |
| N° de téléphone (facultatif) | 34, rue de Bassano |
| N° de télécopie (facultatif) | 17510181 PARIS |
| Adresse électronique (facultatif) | FRANCE |
| N° de téléphone (facultatif) | 01.53.23.92.10 |
| N° de télécopie (facultatif) | 01.47.23.49.13 |
| 7 INVENTEUR (S) | |
| Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques | |
| Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes | <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s) |
| 8 RAPPORT DE RECHERCHE | |
| Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) | |
| Établissement immédiat ou établissement différé | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Paiement échelonné de la redevance (en deux versements) | Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non |
| 9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES | |
| Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG [] [] [] [] [] | |
| 10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS | |
| <input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences | |
| Le support électronique de données est joint | <input type="checkbox"/> |
| La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe | <input type="checkbox"/> |
| Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes | |
| 11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) | |
| Paris, le 2 Avril 2003 POCHART François | |
| J-C. VIEILLEFOSSE 02-1100 | |
| VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI | |

ECRAN DE RETROPROJECTION

L'objet de l'invention est un écran de rétroprojection pour applications professionnelles et grand public (télévision, moniteur graphique haute résolution, murs d'images, etc.).

Un tel écran est décrit dans WO-A-00 67071. On pourra se référer à cette demande pour une discussion des propriétés idéales des écrans et pour les définitions du contraste, de la transmission et des autres paramètres définissant les écrans.

Une autre propriété importante pour les écrans de rétroprojection est l'angle de vision en sortie d'écran. Cet angle est souvent mesuré dans la direction horizontale et dans la direction verticale, toujours par rapport à la normale à l'écran. On peut utiliser pour la mesure soit l'angle d'extinction, soit l'angle à mi-luminance. L'angle d'extinction correspond à la valeur de l'angle avec la normale pour laquelle l'écran cesse d'émettre de la lumière. L'angle à mi-luminance est la valeur de l'angle avec la normale pour laquelle la luminance a une valeur égale à la moitié de la luminance dans la direction normale à la surface de l'écran. Les valeurs de ces angles de vision dépendent de l'utilisation de l'écran; ainsi, l'angle de vision en direction verticale n'est pas un critère important pour un écran de télévision domestique; au contraire, pour un moniteur graphique, l'angle de vision en direction verticale est plus élevé pour permettre à un utilisateur de voir les images sur toute leur hauteur, à courte distance.

US-A-5 066 099 (Hitachi) décrit un écran formé d'une lentille de Fresnel et un élément plat présentant des lenticules cylindriques verticaux sur la face d'entrée et des lenticules cylindriques sur la face de sortie, séparés par des nervures. Les lenticules ont pour objet d'assurer un angle de vision ouvert en sortie de l'écran, dans une direction orthogonale à la direction des lenticules. Une couche de diffusion est ménagée sur la face de sortie et les nervures sont recouvertes d'une couche opaque. Pour ouvrir l'angle de diffusion dans la direction verticale, il est proposé d'intercaler entre la lentille de Fresnel et l'élément plat un deuxième élément lenticulaire avec les lenticules cylindriques horizontales. Des dispositifs du même genre sont décrits dans les brevets US-A-5 590 943, US-A-5 485 308 ou US-A-5 515 037..

US-A-6 307 675 (Toppan) propose un écran présentant, dans l'ordre, un premier élément avec des lenticules cylindriques horizontaux sur la surface d'entrée,

un diffuseur volumique et une lentille de Fresnel sur la surface de sortie, puis un deuxième élément avec des lenticules cylindriques verticaux et une alternance de bandes opaques ou laissant passer la lumière. On trouve un enseignement similaire d'un diffuseur volumique dans US-A-5 477 380, US-A-6 271 965 ou US-B-6 400
5 504 (Dai Nippon Printing), ou encore dans US-A-6 256 145 (Sony) et US-A-2002/0 109 915 (Hitachi).

Dans tous ces documents, l'angle de vision dans la direction horizontale est essentiellement assuré par la présence, en sortie de l'écran, de lenticules cylindriques verticaux. En général, par exemple dans US-A-5 066 099, ces lenticules sont
10 asphériques, pour augmenter l'angle de vision en sortie. Le contraste dans ces écrans dépend notamment de la proportion de la surface de l'écran que représentent les ouvertures dans la couche noire. Dans les documents Hitachi et Dai Nippon Printing, la couche opaque représente environ 35% de la surface de l'écran; US-A-6 256 145 (Sony) indique que la couche opaque représente 65 à 75% de la surface de l'écran.

15 J.M. Tedesco et autres, Holographic Diffusers for LCD Backlights and Projection Screens, SID 93 Digest, pages 29-32 décrit des diffuseurs holographiques volumiques ou surfaciques. Dans des applications de rétroprojection, il propose d'utiliser ces diffuseurs en combinaison avec une lentille de Fresnel, en lieu et place d'un diffuseur classique et d'une matrice de lenticules.

20 Robert C. Bush, Reflexite Display Optics, Rear Projection Screens for Different Applications décrit des écrans de projection composés d'une lentille de Fresnel et d'un écran de diffusion. La société Reflexite Display Optics commercialise aussi des microstructures diffusante à relief de surface (en langue anglaise Surface Relief Diffusive Microstructures ou SRDM), qui permettent de diffuser la lumière
25 avec une distribution de gain prédéterminée.

Il existe encore un besoin d'un écran de rétroprojection, présentant des caractéristiques de contraste et d'angle de vision aussi élevées que possible, qui soit aussi d'une fabrication simple et dont les caractéristiques peuvent être facilement adaptées.

30 L'invention propose donc, dans un mode de réalisation, un écran comprenant:

- un diffuseur présentant un diagramme de rayonnement allongé avec un grand axe horizontal;

- un support avec des éléments de focalisation cylindriques sensiblement parallèles au grand axe du diagramme de rayonnement du diffuseur et une couche opaque avec des ouvertures adaptées à laisser passer la lumière focalisée par les éléments de focalisation.

5 L'écran peut avantageusement présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes:

- le diffuseur présente un diagramme de rayonnement avec un angle à mi-luminance inférieur à $\pm 10^\circ$, voire $\pm 5^\circ$, dans la direction verticale;
- le diffuseur présente un diagramme de rayonnement avec un allongement
10 supérieur à 6, de préférence supérieur à 12;
- les ouvertures dans la couche opaque représentent au plus 30% de l'ensemble de la surface, voire au plus 20% et de préférence au plus 10% de l'ensemble de la surface;
- le diffuseur est un diffuseur surfacique;
- 15 - la surface active du diffuseur surfacique est tournée vers le support;
- le diffuseur est un diffuseur holographique avec une surface active opposée au support;
- l'écran comprend un diffuseur supplémentaire, tel un diffuseur conique ou un diffuseur présentant un angle maximal de diffusion inférieur à l'angle de diffusion
20 vertical du diffuseur à diagramme de rayonnement allongé;
- le diffuseur supplémentaire est un diffuseur surfacique formé sur une surface du diffuseur;
- le diffuseur supplémentaire est un diffuseur surfacique formé adjacent à la couche opaque;
- 25 - l'écran présente un substrat disposé par-dessus la couche opaque.

Dans un mode de réalisation préféré, l'écran présente aussi une lentille de Fresnel avec la surface active vers le diffuseur. On peut alors prévoir un élément lenticulaire vertical en entrée de la lentille de Fresnel.

Dans ce cas, l'écran peut encore présenter l'une ou plusieurs des
30 caractéristiques suivantes :

- le diffuseur supplémentaire est un diffuseur surfacique formé sur la surface d'entrée de la lentille de Fresnel;
- une transmission optique supérieure ou égale à 0,70;

- un angle d'émission à mi-luminance dans le plan horizontal supérieur à $\pm 48^\circ$ et un angle à l'extinction dans le plan horizontal supérieur à $\pm 72^\circ$;
- une résolution selon l'axe horizontal supérieure à 10 paires de lignes par mm;

La lentille de Fresnel, le diffuseur, le support et le substrat peuvent être
 5 assemblés par collage périphérique. On peut encore prévoir sur au moins une surface non-diffusante une couche anti-reflet, de préférence du type à œil de mouche. On peut prévoir une couche anti-reflet sur toutes les couches non-diffusantes. Le support, du côté de la couche opaque peut être collé sur le substrat.

L'invention propose encore un rétroprojecteur, comprenant un projecteur et un
 10 tel écran avec une lentille de Fresnel adaptée à collimater la lumière issue du projecteur.

Le rétroprojecteur présente un contraste supérieur à 500 sous éclairage ambiant de 100 lux, pour un flux lumineux du projecteur de 500 lumens.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaissent dans la
 15 description qui suit de divers modes de réalisation de l'invention, donnée à titre d'exemple et en référence aux figures qui montrent :

- figure 1, une vue schématique en coupe verticale d'un rétroprojecteur utilisant un écran selon l'invention;
- figure 2, une vue schématique d'un élément de focalisation cylindrique ;
- 20 - figure 3, une vue schématique à plus grand échelle d'une partie de l'écran et de la lentille de Fresnel;
- figure 4, un graphe du diagramme de rayonnement du diffuseur de l'écran;
- figure 5 une vue schématique en perspective partielle de l'écran;
- figure 6, une vue de la couche opaque et de la trace du diagramme de
 25 rayonnement;
- figure 7, une vue schématique d'un écran avec des éléments de focalisation asphériques ;
- figure 8, une vue d'un support à lenticulaires asphériques adapté à un écran pour moniteur graphique ou murs d'images vidéo ;
- 30 - figure 9, une vue d'un support à lenticulaires asphériques adapté à un écran TV.

On entend dans la suite de la description par "diffuseur" un objet optique qui, recevant un faisceau lumineux, fournit en sortie une pluralité de faisceaux lumineux dans des directions différentes. Comme expliqué ci-dessous, on appelle diffuseur

surfacique un diffuseur dans lequel une surface continue sépare deux milieux d'indice différents; on peut distinguer entre les diffuseurs surfaciques "classiques" et les diffuseurs surfaciques holographiques. Dans un diffuseur surfacique classique, à un rayon incident sur la surface correspond un rayon réfracté. Toutefois deux rayons très proches sont réfractés dans des directions très différentes; on peut donc, par approximation, considérer qu'un faisceau lumineux incident est transformé en une pluralité de faisceaux. Ceci conduit à l'effet de diffuseur recherché.

Par ailleurs, pour une surface holographique, un rayon incident est transformé en plusieurs rayons diffractés. On peut encore considérer qu'un faisceau incident est transformé en plusieurs faisceaux diffractés.

On peut distinguer parmi les diffuseurs selon leur mode de fonctionnement et de fabrication des diffuseurs surfaciques et volumiques. Un diffuseur volumique est par exemple obtenu par une "émulsion" de particules dans une matrice transparente d'indice optique n_1 ; si les particules sont très fines (inférieures au micron), il y a diffraction de la lumière; si leur taille est plus importante et d'indice optique n_2 (avec $n_2 > n_1$) comme c'est le cas dans les lenticulaires d'écrans TV, il y a réfraction de la lumière.

Un diffuseur surfacique utilise non pas des particules dans un volume, mais une surface complexe et continue séparant deux milieux d'indices optiques différents. La surface complexe et continue présente une épaisseur qui est typiquement inférieure à 10 microns (distance crête à crête). Un tel diffuseur peut par exemple comprendre un diffuseur holographique surfacique fabriqué par interférences d'une lumière sur une surface, ou par réplication d'une surface maître. Un tel diffuseur peut aussi comprendre un diffuseur surfacique, dont une surface présente des irrégularités de faible dimension, typiquement inférieures à 10 microns d'épaisseur. Ces irrégularités peuvent être obtenues par sablage, par réplication ou suivant un autre procédé. Les milieux d'indice optique différents peuvent être l'air et un matériau comme du plastique; on peut aussi utiliser un milieu d'indice n_1 , avec une surface complexe et un deuxième milieu d'un indice n_2 différent appliqué sur le premier milieu pour remplir et aplanir (ou surfacer) la rugosité du premier milieu.

Un écran est caractérisé en particulier par des angles de vision, le plus souvent dans des directions horizontale et verticale. Dans la direction horizontale, on considère la direction de luminance maximale – en général la normale à l'écran; on

mesure ensuite l'angle entre cette direction de luminance maximale et la direction pour laquelle la luminance est égale à la moitié de la luminance maximale. Cet angle correspond au demi-angle de vision à mi-luminance. L'angle de vision à mi-luminance suivant la direction horizontale, en supposant que l'écran présente un diagramme de rayonnement symétrique, est égal à deux fois ce demi angle. On peut aussi mesurer l'angle de vision à l'extinction en considérant l'angle entre la direction de luminance maximale et la direction d'extinction. On procède de même dans la direction verticale. Dans la suite, on utilise de façon abusive, mais habituelle pour l'homme du métier, le terme "angle de vision" pour désigner à la fois le demi-angle, comme l'angle; en particulier, la notation $\pm\alpha$ désigne l'angle de vision, avec α le demi-angle. Par la suite, il sera aussi utilisé la notation $\alpha(L/2)$ pour désigner le demi-angle.

Dans un mode de réalisation, l'invention propose un écran, comprenant

- un diffuseur présentant un diagramme de rayonnement allongé avec un grand axe horizontal;
- un support avec des éléments de focalisation cylindriques sensiblement parallèles au grand axe du diagramme de rayonnement du diffuseur, une couche opaque avec des ouvertures adaptées à laisser passer la lumière focalisée par les éléments de focalisation.

La figure 1 montre une vue schématique en coupe verticale d'un rétroprojecteur utilisant un tel écran, tandis que la figure 2 montre une vue des éléments lenticulaires et la figure 3 une vue à plus grande échelle d'une partie de l'écran. La figure 1 montre le projecteur 2, qui est par exemple un projecteur à cristaux liquides ou un projecteur à DMD, formé d'une matrice de miroirs ; l'application TV avec un projecteur à TRC est possible aussi. La lumière émise par le projecteur arrive sur la surface d'entrée 4 de la lentille de Fresnel 6 d'écran et ressort sensiblement collimatée par la surface de sortie de la lentille de Fresnel. L'écran présente un diffuseur 8 et un support 10 à éléments de focalisation. Le diffuseur 8, dans l'exemple de la figure 1, est un diffuseur holographique surfacique présentant une surface active 12 dirigée vers la lentille de Fresnel et une surface plane 14 par laquelle ressort la lumière ayant traversé le diffuseur. Comme indiqué plus haut, le diffuseur présente un diagramme de rayonnement allongé, avec un grand axe horizontal. Cet axe peut être défini dans le cas le plus général en considérant la courbe délimitant la zone éclairée dans un

plan parallèle au diffuseur, lorsque celui-ci est éclairé avec une lumière en incidence normale. Le grand axe est défini par le couple des points les plus éloignés sur cette courbe et correspond à la direction d'allongement du diagramme de rayonnement. On peut définir un allongement en considérant un rectangle dans lequel est inscrit la courbe; l'allongement est alors le rapport entre la longueur et la largeur du rectangle. On peut encore définir un petit axe dans une direction perpendiculaire au grand axe. Dans l'exemple d'un diagramme de rayonnement elliptique, qui est un exemple de diagramme de rayonnement symétrique, la courbe est une ellipse et le grand axe passe par les deux foyers de l'ellipse. On peut alors définir un petit axe, perpendiculaire au grand axe et qui constitue la médiatrice des deux foyers.

La figure montre l'exemple d'un diffuseur holographique; il est avantageux que la surface active du diffuseur soit la surface d'entrée, qui reçoit les rayons provenant de la lentille de Fresnel. Ceci assure une meilleure performance du diffuseur holographique, en termes de lobe d'émission. Comme l'épaisseur du diffuseur peut être très faible – de l'ordre de $125\text{ }\mu\text{m}$, la perte de résolution du fait de la diffusion avant les éléments de focalisation est négligeable. On peut aussi utiliser comme diffuseur un SRDM; un tel diffuseur peut fonctionner avec la surface active en entrée ou en sortie.

Il est avantageux que la surface active du diffuseur soit la surface de sortie de la lumière, adjacente au support à éléments de focalisation; ceci limite la perte en résolution par diffusion dans l'épaisseur du diffuseur. La surface active est alors disposée aussi près que possible des éléments de focalisation du support. Dans un cas comme dans l'autre, l'avantage d'un diffuseur surfacique, par rapport à un diffuseur volumique, est une transmission plus élevée, associée à une rétrodiffusion modérée.

On peut encore utiliser un diffuseur surfacique d'un type autre qu'un diffuseur holographique ou SRDM. Par exemple, un diffuseur surfacique avec des micro-rainures orientées verticalement permet d'obtenir une diffusion importante dans la direction horizontale et une diffusion faible ou nulle dans la direction verticale. Un tel diffuseur peut être obtenu par sablage directionnel ou encore par gravure, ou enfin par réplique à l'aide d'une résine photosensible d'un diffuseur maître réalisé par sablage ou par gravure.

Le support 10 à éléments de focalisation reçoit la lumière provenant du diffuseur. Il présente une surface d'entrée 16 avec des éléments de focalisation 18 cylindriques; on entend par cylindrique une surface définie par une famille de droites parallèles s'appuyant sur une courbe, cette définition étant plus large que le simple cylindre de révolution. Les éléments de focalisation peuvent donc présenter une forme d'arc de cercle dans un plan perpendiculaire aux droites de la famille; on peut aussi utiliser des éléments de focalisation asphériques – avec une forme autre qu'un arc de cercle : ellipsoïdale, parabolique ou autres profils adaptés selon US-A-4 490 010 (DNP). Une telle forme contribue à l'étalement des rayons lumineux et peut permettre de contrôler aussi l'angle de vision dans la direction perpendiculaire aux droites de la famille. Des exemples sont donnés en référence aux figures 7, 8 et 9.

Les éléments de focalisation sont sensiblement parallèles au grand axe du diffuseur, ce qui revient à dire que les droites de la famille qui les définit sont sensiblement horizontales. De façon idéale, les éléments de focalisation sont exactement parallèles à ce grand axe. En pratique, du fait de contraintes de montage, il peut exister un angle entre le grand axe du diffuseur et les éléments de focalisation, comme expliqué plus bas en référence à la figure 6.

Le support présente aussi une couche opaque 20, avec des ouvertures 22 adaptées à laisser passer la lumière focalisée par les éléments de focalisation. Cette couche opaque s'étend par exemple dans le plan de focalisation des éléments de focalisation et présente des ouvertures allongées parallèles aux éléments de focalisation. Elle peut être formée par les méthodes décrites dans WO-A-00 67071 ou dans les demandes de brevet françaises déposées sous les numéros 02 02086, 02 10885, 02 10829 ou 02 12987. On peut par exemple en exposer une couche photosensible à travers les éléments de focalisation ou en détruire localement la couche opaque à l'aide d'un laser ou autre, à travers les éléments de focalisation.

Le support 10, flexible, muni de la couche opaque 20 gravée est collé sur le substrat 24, rigide, muni de la couche anti-reflet 26. Cette couche anti-reflet peut être du type plastique économique, à structure œil de mouche (moth-eye) répliquée dans la surface du substrat, ou à multicouches diélectriques évaporées ou réalisées selon la méthode sol-gel.

Une couche anti-reflet type œil de mouche présente un coefficient de réflexion R_1 de 0,1% de 0° à 40° d'angle d'incidence du faisceau lumineux; ce coefficient de

réflexion est limité à 1% sous un angle d'incidence de 60°, en comparaison d'une valeur de 10% pour une interface acrylique-air. Il est proposé dans cet exemple d'appliquer une couche anti-reflet œil de mouche ou autre sur toutes les surfaces non diffusantes de l'assemblage de la lentille de Fresnel, du diffuseur, du support et du substrat; en particulier, on peut appliquer une telle couche sur la surface d'entrée de la lentille de Fresnel, où l'angle d'incidence dans les coins peut être élevé dans le cas d'un projecteur de conception compacte (voir US-A-5 590 943, Hitachi avec des angles atteignant 70°). On peut encore appliquer une telle couche sur la surface 16 des lenticules 18, sur laquelle l'angle d'incidence du faisceau lumineux peut atteindre 40° ou plus au bord des lenticules 18. Comme expliqué par ailleurs, on peut aussi ou alternativement prévoir une couche anti-reflet sur le diffuseur ou sur le substrat. La présence de cette ou ces couches anti-reflet est bénéfique à la transmission optique de l'écran et à l'uniformité centre-bord de cette transmission.

La figure 2 montre une vue à plus grande échelle d'éléments de focalisation; dans l'exemple, les éléments de focalisation sont des portions de largeur A de demi-cylindres de révolution de rayon r. Le support présente une épaisseur e. Le plan de sortie du support (10) est quasiment le plan focal des lenticulaires (18). Dans l'exemple de la figure le support à éléments de focalisation présente un indice n1. On a les relations suivantes :

$$\sin i = A / 2r$$

$$\sin \beta_0 = n1 \cdot \sin \gamma_0$$

$$\gamma_0 = i - j$$

$$\sin j = \sin i / n1$$

$$e = r + OF$$

$$OF = BF - OB = A / (2 \tan \gamma_0) - r \cos i$$

$$e = r(1 - \cos i + A / (2r \tan \gamma_0))$$

pour les exemples de lenticulaires cylindriques des figures 2 et 3, avec n1 = 1,5. L'épaisseur e est voisine de 2,8 x r.

La figure 3 est une vue à plus grande échelle d'un écran, avec les éléments de focalisation de la figure 2; on a considéré l'exemple d'un diffuseur surfacique avec une surface active dirigée vers les éléments de focalisation. Comme le montre la figure 3, un substrat 24 est collé sur la couche opaque avec une couches antireflet sur la surface 26 du substrat. Le substrat assure à la fois la rigidité mécanique du

support 10 et une protection de la couche opaque. Pour des applications télévision ou moniteur graphique, il est judicieux d'assembler par collage sur les bords, hors champ utile les différents éléments de l'écran : la Fresnel, le diffuseur et le support à lenticulaires muni de la couche opaque collé sur le substrat 24 qui assure alors la

5 rigidité mécanique de l'écran de rétroprojection; cette solution est simple, mais elle augmente la surface de bords, ce qui est inapplicable pour les murs d'image vidéo ;dans ce cas un empilement des éléments avec clipsage périphérique est recommandé.

Le fonctionnement de l'écran des figures 1 et 3 est le suivant. La lumière émise

10 par le projecteur est collimatée par la lentille de Fresnel et arrive donc en incidence normale sur le diffuseur. Elle est diffusée suivant le diagramme de rayonnement du diffuseur et arrive sur les éléments cylindriques de focalisation du support. Comme le diagramme de rayonnement du diffuseur est allongé avec un grand axe horizontal, les rayons issus du diffuseur sont dans des plans, faiblement inclinés par rapport au plan

15 horizontal et sont focalisés par les éléments de focalisation vers les ouvertures dans la couche opaque. On comprend donc que la quasi-totalité des rayons provenant du diffuseur 8, peut traverser les ouvertures 22, mêmes si ces ouvertures présentent une surface faible ; ceci à condition que l'angle d'émission verticale à l'extinction du diffuseur soit adapté à cette surface des ouvertures (comme illustré plus loin). De la

20 sorte, l'angle de vision horizontal en sortie d'écran est déterminé, pour l'essentiel, par les caractéristiques du diffuseur; spécifiquement, l'angle de vision horizontal est égal à l'angle d'ouverture du diagramme de rayonnement du diffuseur 8 suivant le grand axe.

L'étalement des rayons lumineux dans la direction verticale est principalement

25 assuré par les éléments lenticulaires, comme cela est illustré dans les exemples ci-après.

Les avantages de l'écran des figures 1 et 3 sont les suivants. Comme l'angle de vision horizontal est essentiellement déterminé par le diagramme de rayonnement du diffuseur, cet angle peut être adapté simplement, par changement du diffuseur.

30 L'écran peut donc très facilement être modifié pour l'adapter à des angles de vision différents suivant la direction horizontale. On peut aussi obtenir des angles de vision horizontale aussi élevés que souhaité – simplement par le choix d'un diffuseur avec un angle de diffusion horizontale important.

Par ailleurs, en fournissant un diffuseur présentant un diagramme de rayonnement très aplati – avec un angle faible suivant la direction verticale – on assure que les rayons incidents sur le support à éléments de focalisation sont sensiblement horizontaux. Il est donc possible de fournir dans la couche opaque des ouvertures de faible dimension, sans pour autant nuire à la transmittivité de l'écran. De ce fait, l'écran peut présenter un contraste élevé.

L'écran peut aussi présenter une résolution élevée. La résolution horizontale de l'écran est pratiquement égale à celle du diffuseur car le réseau lenticulaire n'a pas d'influence sur l'horizontale ; des valeurs supérieures à 10 pl/mm (paires de lignes par millimètre) sont communes pour un diffuseur surfacique. Dans la direction verticale, la résolution correspond à deux fois la distance entre deux ouvertures de la couche opaque donc à deux fois la période du réseau lenticulaire : en effet, deux lenticules sont nécessaires pour séparer nettement, avec une modulation supérieure à 30%, une ligne éclairée ON d'une ligne éteinte OFF. Comme illustré par les exemples ci-après, la période du réseau lenticulaire visée par l'invention est $A = 150\mu\text{m}$ typique ; ce qui conduit à une résolution verticale de $1/2A = 3,3\text{ pl/mm}$.

Pour l'application télévision pour laquelle l'information est largement étalée selon la direction horizontale, l'invention conduit donc à une résolution horizontale bien supérieure à celle de l'état de l'art : celui-ci fait intervenir un réseau lenticulaire vertical qui limite la résolution d'écran horizontale.

L'écran minimise aussi les phénomènes de Moiré. Ces phénomènes sont provoqués par la superposition de structures régulières – par exemple les pixels des afficheurs à cristal liquide ou à DMD, les microreliefs de la lentille de Fresnel, les lenticulaires de sortie dans le cas d'un dispositif selon l'état de la technique. La présence dans l'écran d'un diffuseur limite ou élimine les phénomènes de Moiré. Ceci est particulièrement le cas lorsque l'on utilise un diffuseur holographique à structure surfacique aléatoire disposé entre la lentille de Fresnel (périodique) et le support à éléments de focalisation (périodique). L'utilisation d'un diffuseur du type SRDM périodique peut conduire à des phénomènes de Moiré limités du fait de la périodicité des éléments de la surface active

On reconnaît sur la figure 3 les éléments déjà décrits, qui ne sont pas mentionnés à nouveau. La référence 28 est une couche de colle laminée ou autrement disposée entre la couche opaque 20 et le substrat 24 pour l'assemblage du support 10.

A titre d'exemple, pour une application télévision ou moniteur graphique, on peut considérer un substrat d'une épaisseur de 4 mm, en plastique avec une couche anti-reflet, sur lequel est pré laminé un film adhésif transparent du type commercialisé par la société Rexam; il s'agit d'un adhésif sensible à la pression dit PSA (pressure sensitive adhesive en langue anglaise), largement utilisé pour la fabrication des moniteurs à cristaux liquides. Le support à éléments de focalisation peut présenter une épaisseur de 150 à 500 μm ; le support et la couche opaque formée sur le support sont laminés sur le film adhésif du substrat. Le diffuseur et son support sont collés sur les bords de l'ensemble et la lentille de Fresnel est laminé sur les bords de l'ensemble. Pour une application en mur d'images, le substrat assemblé au lenticulaire est découpé. L'ensemble du substrat et du support avec les éléments de focalisation, le diffuseur et son support ainsi que la lentille de Fresnel sont assemblés par des clips et des éléments d'assemblages sur les bords, de sorte à fournir un écran avec des bords aussi fins que possible.

Comme le montre la figure 2, on note A la distance entre deux éléments de focalisation 18 adjacents, qui est aussi la taille d'un élément lenticulaire suivant la direction verticale. la distance e entre la surface des éléments de focalisation et la couche opaque, correspond à l'épaisseur des éléments de focalisation; sur la figure 3, a est la dimension suivant une direction verticale des ouvertures dans la couche opaque. On note n_1 , n_2 et n_3 les indices respectifs des éléments lenticulaires, de la colle et du substrat; dans la représentation schématique de la figure, on a considéré le cas d'indices égaux; la valeur de l'indice commun est notée n dans la suite. Le rapport a/A est le pourcentage X% d'ouverture dans la couche opaque.

On a représenté vers le milieu de la figure 3 un rayon XX' passant par le centre O d'un élément lenticulaire et passant par le bord de l'ouverture 22 correspondante dans la couche opaque. On note α l'angle que forme le rayon XX' avec la normale. La figure montre le rayon 32 émis juste avant l'extinction dans la direction verticale, incident avec un angle α au bord d'un élément lenticulaire, qui passe par le bord de l'ouverture 22 correspondante. α est l'angle à l'extinction du diffuseur.

On note γ l'angle d'incidence du rayon 32 sur la couche opaque, qui, du fait de l'égalité des indices dans l'exemple, est aussi l'angle incident du rayon 32 sur la surface 26 du substrat 24.

Le rayon 32 sort de l'écran en formant un angle β avec la normale à l'écran.

On a dans l'exemple de la figure 3 les relations suivantes :

$$\operatorname{tg} \alpha = a/2OF$$

$$OF = e - r ; \text{ pour } n_1 = 1,5 \text{ on a } OF \approx 1,8 r$$

$$\operatorname{tg} \alpha = X\% / (3,6 r/A)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = (A/2 + a/2) / (OF + OB) \quad \text{avec } OB = r \cdot \cos i$$

$$\operatorname{tg} \gamma = (1 + X\%) / [(2 \cdot r/A)(1,8 + \cos i)]$$

$$\sin \beta = n_1 \cdot \sin \gamma \quad \text{quelles que soient les valeurs des indices } n_2 \text{ et } n_3.$$

Si l'angle limite du diagramme de rayonnement du diffuseur, dans la direction verticale, est inférieur ou égal à cet angle α , l'ensemble des rayons sortant du diffuseur 8 et incidents sur les éléments lenticulaires 18 traverse la couche opaque par les ouvertures. On peut donc assurer une transmission de l'écran de 100%, en négligeant l'atténuation. De ce point de vue, il est judicieux d'adapter la taille des ouvertures dans la couche opaque à la valeur de l'angle du diagramme de rayonnement du diffuseur dans la direction verticale. Plus cet angle est élevé, plus les ouvertures dans la couche opaque doivent être larges pour permettre une transmission totale ou quasi-totale. La taille des ouvertures a une incidence sur le contraste de l'écran: plus les ouvertures sont d'une dimension faible, plus la lumière incidente sur l'écran depuis l'extérieur – le côté droit sur la figure – est absorbée. Ceci apparaît clairement du calcul de contraste proposé plus bas.

Du fait de l'alignement des éléments lenticulaires et des ouvertures avec le grand axe du diagramme de rayonnement, la lumière peut être étalée dans la direction horizontale sans que cela ne nuise à la transmission de l'écran.

Pour limiter l'astigmatisme, il est préférable de travailler dans les conditions d'Abbe, à savoir au plus proche de l'axe optique des lenticulaires; il est donc intéressant que A soit strictement inférieur à r . Si tel n'est pas le cas, il reste possible d'utiliser des éléments lenticulaires asphériques, pour corriger l'astigmatisme inhérent au cas $r < A < 2r$. Cette correction est plus douce que celle requise pour étaler la lumière dans le plan horizontal des écrans concurrents, qui nécessitent aussi la correction d'astigmatisme. L'utilisation d'éléments asphériques est suggérée dans US-A-6 256 145, col. 3 lignes 19-27.

La figure 4 montre l'allure du diagramme de rayonnement du diffuseur. On a représenté sur la figure en ordonnées l'intensité lumineuse relative et en abscisses l'angle. Les graphes montrent les résultats typiques d'une mesure 34 dans la direction

horizontale et d'une mesure 36 dans la direction verticale. L'exemple est celui d'un diffuseur holographique surfacique du type commercialisé par la société POC, sise à Torrance, U.S.A., pour des valeurs d'angle à mi-luminance de $\pm 40^\circ$ suivant le grand axe et de $\pm 2^\circ$ suivant le petit axe. Ces valeurs correspondent sensiblement à une extinction à $\pm 62^\circ$ et à $\pm 4^\circ$ suivant les mêmes directions. Ces valeurs sont bien dans les limites annoncées par cette société : elle propose des diffuseurs avec un diagramme de rayonnement à $\pm 48^\circ$ à mi-luminance, soit $\pm 72^\circ$ à l'extinction, suivant le grand axe; suivant le petit axe, la valeur minimale annoncée est de $\pm 0.1^\circ$ à mi-luminance, soit $\pm 0.2^\circ$ à l'extinction.

Le tableau ci-dessous donne des exemples d'éléments lenticulaires fournis par la société Reflexite Displays-Optics; les valeurs de A et r sont fournies par le fabricant, les angles i, j et β_0 ainsi que le rapport e/r sont calculés comme expliqué en référence à la figure 2. L'angle $\beta_0(L/2)$ à mi-luminance correspond au faisceau incident avec $\sin i = A/4r$ en deçà et au-delà duquel le flux lumineux du projecteur est partagé en deux parts égales.

| Référence | r (mm) | A (mm) | e/r | i (°) | j (°) | β_0 (°) | $\beta_0(L/2)$ (°) |
|-----------|--------|--------|-----|-------|-------|---------------|--------------------|
| LN611 | 0.157 | 0.178 | 2,6 | 35 | 22 | 19 | 8,4 |
| LN629 | 0.483 | 0.381 | 2,8 | 23 | 15 | 12 | 5,7 |
| LN692 | 0.762 | 0.162 | 3 | 6 | 4 | 3 | 1,5 |

La figure 5 montre une vue schématique du diffuseur 8 et du support 10 en perspective partielle, montrant le diagramme de rayonnement du diffuseur pour un rayon 38 en incidence normale sur le diffuseur. La figure montre différents rayons, plus précisément les rayons extrêmes 40 et 42, 44 et 46 dans les directions horizontale et verticale. La figure montre encore la projection 50 du diagramme de rayonnement dans le plan de la couche opaque. Le diagramme de rayonnement est allongé, de sorte que l'ensemble des rayons diffusés issus du rayon 38 traverse la couche opaque.

La figure 6 montre l'effet d'un défaut d'alignement du diffuseur et du support à éléments de focalisation. On a représenté dans le plan de la couche opaque les ouvertures 22 et la trace du diagramme de rayonnement, pour un alignement exact en 52 et avec un défaut d'alignement en 54. On note δ l'angle entre la direction des

éléments lenticulaires et la direction du grand axe du diagramme de rayonnement du diffuseur; dans le cas représenté en 52, cet angle δ a une valeur nulle; il présente une valeur non nulle dans le cas représenté en 54. Sur un écran de 800 x 600 mm, une tolérance de positionnement de 2 mm sur le côté de l'écran conduit à un angle δ de l'ordre de 0,3°. Une tolérance de 1 mm – pratiquement réalisable sans difficultés particulières dans des conditions industrielles – conduit à un angle δ de 0,15°.

On peut utiliser cette valeur δ d'angle comme borne supérieure des variations induites dans les angles des rayons lumineux par un défaut d'alignement du diffuseur et du support. On peut alors diminuer de cette valeur δ l'angle vertical du diagramme de rayonnement du diffuseur, de sorte à assurer une transmission de l'ensemble de la lumière. L'angle du diffuseur est alors choisi égal à $\alpha - \delta$, pour assurer que toute la lumière émise par le diffuseur traverse les ouvertures de la couche opaque et parvient à l'utilisateur.

Les tableaux ci-dessous donne des exemples des angles α et β pour différentes valeurs d'ouverture X% dans la couche opaque. On a considéré des exemples d'indice n de 1,5. Les calculs sont effectués suivant les formules données plus haut en référence aux figures 2 et 3.

A est choisi compatible avec la résolution requise; en vertical, une paire de ligne – une ligne noire et une ligne blanche – peut être projetée sur une distance 2.A; une valeur de A de 150 μm est prise à titre d'exemple. L'angle d'émission d'un diffuseur surfacique à mi-luminance est environ égal aux deux tiers de l'angle à l'extinction.

Application télévision.

Dans la direction horizontale, le diffuseur et donc l'écran émettent à mi-luminance à $\pm 40^\circ$; une valeur de $\pm 48^\circ$ est possible. Le tableau donne les angles en degrés, en vertical, avec:

- l'angle α (L/2) à mi-luminance pour le diffuseur : $\alpha(L/2) = 2\alpha/3$
- l'angle β (L/2) à mi-luminance et β à l'extinction pour l'écran.

X% est le taux d'ouverture de la couche opaque, comme expliqué plus haut.

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------------------|---------|------------------|-------------------|---------|------------------|-------------------|---------|------------------|-----------|--------------------|
| | X% | 30 | 30 | 30 | 20 | 20 | 20 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 |
| A (mm) | r (mm) | α (L/2) | β | β (L/2) | α (L/2) | β | β (L/2) | α (L/2) | β | β (L/2) | β_0 | β_0 (L/2) |
| 0.150 | 0.150 | 3,2 | 21 | 13 | 2,1 | 19,5 | 11,5 | 1,1 | 18 | 10 | 16 | 7,3 |
| 0.150 | 0.200 | 2,4 | 15,5 | 10 | 1,6 | 14 | 8,5 | 0,8 | 13 | 7 | 11,5 | 5,4 |

Dans la direction verticale, la spécification d'écran TV habituelle requiert un angle $\beta(L/2)$ à mi-luminance en sortie d'écran qui est supérieur à $\pm 10^\circ$. Le cas $r = 0.150$ mm convient avec une épaisseur de lenticulaire $e = 0,420$ mm.

Des diffuseurs avec une émissivité à mi-luminance de $\pm 0,5^\circ$ à $\pm 3^\circ$ en vertical sont adaptés.

On pourrait utiliser les diffuseurs holographiques surfaciques proposés par la société POC. Ces diffuseurs présentent des angles à mi-luminance dans les plages suivantes :

- petit axe : $\pm 0,1^\circ$ à $\pm 18^\circ$;
- grand axe : $\pm 5^\circ$ à $\pm 48^\circ$.

De même, la société Wavefront Technologies Inc., Paramount, CA, propose des diffuseurs surfaciques elliptiques qui conviennent.

Application moniteur graphique et élément de murs d'images.

Dans la direction horizontale, la spécification habituelle requiert un angle $\beta(L/2)$ à mi-luminance en sortie d'écran qui est supérieur à $\pm 40^\circ$; une valeur de $\pm 48^\circ$ est possible. Dans la direction verticale, la spécification habituelle requiert un angle $\beta(L/2)$ à mi-luminance en sortie d'écran qui est supérieur à $\pm 30^\circ$.

Un exemple, illustré figure 8, est explicité ci-après.

On a mentionné plus haut l'exemple d'un diffuseur holographique surfacique. On note la très faible rétrodiffusion d'un diffuseur holographique. Ce diffuseur présente l'avantage de présenter un diagramme de diffusion facilement adaptable; on pourrait même prévoir plusieurs lobes dans la direction horizontale. Ce diffuseur présente aussi l'avantage décrit à la figure 1 de l'article de J.M. Tedesco cité plus haut de renvoyer dans le cône de diffusion la lumière incidence dans ce cône, même si elle n'est pas en incidence normale. Ceci peut permettre l'ajout d'un autre diffuseur

dans le montage, avec un angle de diffusion faible. On pourrait ainsi utiliser en entrée de la lentille de Fresnel un élément lenticulaire vertical; un étalement des rayons dans le plan horizontal est sans incidence sur le diagramme de rayonnement du diffuseur holographique. On pourrait aussi utiliser un diffuseur avec un diagramme de diffusion conique avec un angle inférieur à l'angle vertical du diffuseur holographique; un tel diffuseur pourrait par exemple être ménagé sur la surface d'entrée 12 du diffuseur 8. Dans un cas comme dans l'autre, la présence d'un tel diffuseur contribue à limiter les effets du scintillement (speckle en langue anglaise).

10 Dans le cas d'un diffuseur conique d'angle 2° (demi-angle à mi-luminance, soit $\pm 3.5^\circ$ à l'extinction) sur la surface 12, la résolution est légèrement dégradée dans la mesure où la taille du faisceau incident augmente à la traversée du diffuseur 8; on obtient en entrée de la surface de diffusion 14 un point de $2 \times 2 \text{ mm} \times \text{tg}(3.5^\circ)$, soit 250 microns pour une épaisseur de diffuseur de 2 mm. Cette dégradation est acceptable.

15 Comme dans le cas précédent, on peut aussi prévoir un autre diffuseur symétrique, en entrée de la Fresnel. Dans tous les cas, il est avantageux que ce diffuseur supplémentaire présente un angle de diffusion à mi-luminance de $\pm 2.5^\circ$. Un tel diffuseur est disponible auprès de la société Reflexite Display Optics sous la référence BP311 ou auprès de la société POC sous la référence 5°LSD.

20 On pourrait encore disposer un tel diffuseur à la surface du substrat 24 collée contre la couche opaque, et/ou encore ménager ce diffuseur sur la surface du support à éléments lenticulaires avant de déposer la couche opaque. Ces solutions peuvent imposer d'utiliser une colle d'indice différent, de sorte à conserver une surface complexe séparant deux milieux d'indices différents. Ces solutions permettent de conserver une surface lisse à l'extérieur de l'écran, côté utilisateur, de sorte à éviter toute pollution et augmenter la robustesse de l'écran.

25 Ainsi, il est possible d'ajouter au diffuseur présentant un diagramme de rayonnement allongé un ou plusieurs diffuseurs supplémentaires, avec de préférence un angle de diffusion faible – inférieur à l'angle vertical du diffuseur présentant un diagramme de rayonnement allongé. Ce ou ces diffuseurs supplémentaires remplissent une ou plusieurs des fonctions suivantes:

- limiter le scintillement;

- limiter les phénomènes de Moiré;
- augmenter encore l'angle de diffusion pour la lumière transmise.

Ce ou ces diffuseurs supplémentaires peuvent être surfaciques et être disposés:

- sur la surface du substrat 24 disposée contre la couche opaque;
- 5 - sous la couche opaque;
- sur la surface d'entrée 12 du diffuseur 8;
- sur la surface d'entrée 4 de la lentille de Fresnel 6.

On pourrait aussi utiliser comme diffuseur supplémentaire un diffuseur volumique, dans la lentille de Fresnel, dans le diffuseur, dans les éléments lenticulaires ou dans
10 le substrat.

Même avec de tels diffuseurs, on obtient un écran présentant en combinaison avec la lentille de Fresnel une transmission supérieure à 0.60, voire 0.70 ou plus.

Le phénomène de scintillement peut apparaître lorsqu'une surface diffusante qui reçoit un fin faisceau réagit comme une multitude de petites sources
15 indépendantes dont les émissions interfèrent pour créer une image avec des blancs fins et très lumineux et des noirs – d'où l'impression de scintillement. Le scintillement est peu gênant à grande distance, comme dans les applications TV et murs d'image vidéo. Pour l'application moniteur, à courte distance, l'observateur peut y être plus sensible. Dans le cas des projecteurs à DMD, le pixel micro-miroir
20 réfléchit vers l'optique un faisceau lumineux très fin, qui certes élargi par cette optique, arrive sur le pixel d'écran sous un angle très inférieur à 1°; la tache de diffusion du système optique est voisine de 100 microns sur l'écran et peut scintiller du fait de la périodicité de la surface diffusante bien inférieure à 100 microns (voir proceeding de la société SPIE de février 1997) ; ce qui vaut aussi pour la surface d'un
25 pixel de 800 μm x 600 μm d'un écran 800 mm x 600 mm illuminée par un micro-miroir du DMD.

Dans la direction verticale, il y a un effet d'intégration du phénomène puisqu'un pixel haut de 600 μm voit son information compressée puis redistribuée par 4 lenticulaires horizontaux de période $A = 150 \mu\text{m}$.

30 Comme expliqué plus haut, il est possible de minimiser ce phénomène en prévoyant un ou plusieurs diffuseurs coniques, périodiques ou autres dans l'écran: l'objectif recherché est d'élargir l'angle d'attaque du faisceau lumineux sur le diffuseur 8 par un deuxième diffuseur placé avant lui pour éviter la scintillation du

diffuseur 8; ou de minimiser la scintillation par un deuxième diffuseur après le diffuseur 8.

On donne maintenant des exemples de calcul du contraste. Comme cela est connu en soi, le contraste est représentatif de du rapport L_0/l_n entre la luminance L_0 de l'écran dans les zones où la lumière est transmise (zones "ON") et la luminance l_n dans les zones où la lumière n'est pas transmise (zone "OFF"). On note

- F le flux lumineux en lumens utile incident sur l'écran de projection;
- T la transmission optique T de l'écran en %;
- G le gain de l'écran par rapport à un diffuseur lambertien;
- R le coefficient de réflexion diffuse de l'écran, en %;
- S la surface de l'écran;
- E l'éclairement ambiant en lux.

Avec ces notations, le contraste C s'écrit

$$C = L_0 / l_n$$

avec $L_0 = (F.T / \pi.S).G$

et $l_n = E/\pi R$

ce qui donne finalement

$$C = (F/E).(T/R).(G/S)$$

Pour la mesure de R, le projecteur est éteint ; en lumière ambiante on mesure la luminance l_{n0} d'un diffuseur lambertien réflectif (par exemple du MgO) plaqué sur la surface de l'écran. On mesure ensuite la luminance l_n de l'écran. Le coefficient R vaut alors l_n / l_{n0} .

Pour la mesure du contraste d'un projecteur, la norme ANSI propose de diviser la surface d'écran est divisée en 9 parties égales dont 5 ON et 4 OFF avec donc les zones ON aux quatre coins et au centre; on calcule la moyenne des luminances L_0 mesurées avec un photomètre sur les 5 zones ON et la moyenne l_n étant la moyenne des luminances mesurées sur les 4 zones OFF, l'écran étant immergé dans l'éclairage ambiant avec le projecteur éteint, l'éclairement ambiant est une moyenne de la mesure effectuée avec un luxmètre sur les différentes zones d'écran.

Dans ces conditions, pour l'écran de la figure 1, on peut calculer le contraste comme suit.. La réflexion diffuse R peut atteindre 1.5% pour une valeur de l'ouverture X% de 20%, soit $R = 2\%$ pour une valeur de l'ouverture de 30%.

La réflexion diffuse R d'écran est limitée du fait de la position arrière du diffuseur (8) par rapport au support (10) ce qui fait l'originalité de l'invention par rapport à l'état de l'art.

En application télévision, le flux lumineux du moniteur reste faible, pour
 5 limiter la puissance consommée; on a typiquement une puissance F inférieure à 500 lumens. Une transmission de 60%, une valeur d'éclairement de 100 lux et une surface d'un mètre carré conduisent, pour une valeur d'ouverture X% de 20% à un contraste

$$C = (500/100) \cdot (60/1,5) \cdot G = 200 \cdot G$$

Dans une application télévision, une émission plate est recherché et le gain est
 10 typiquement supérieur à 2.5 par rapport au profil lambertien.. Le contraste est supérieur à 500.

En application moniteur, le flux lumineux du moniteur peut atteindre 1000 lumens. L'émission est plus homogène, ce qui conduit à un gain supérieur à 1,5. Le contraste vaut

15 $C = 400 \cdot G$

et est donc typiquement supérieur à 600. Le contraste de l'écran, est donc supérieur à 500. Le calcul est un calcul raisonnable, compte tenu du faible gain de 2,5 proposé et de la transmission T qui peut être supérieure à 0.70; en pratique, le gain d'écran est supérieur, ce qui augmenterait encore le contraste.

20 Le coefficient de réflexion diffuse d'écran R s'explique ainsi =

$$R = R_1 + R_2$$

R_1 = coefficient de réflexion diffuse de la couche anti-reflet

R_2 = coefficient de réflexion diffuse de l'écran sans couche anti-reflet.

$R_1 = 1\%$ pour une couche anti-reflet plastique type "œil de mouche" (Moth-eye)

25 $R_2 = R_0 X\%^2$

Cette valeur de la réflexion diffuse R_2 s'explique comme suit; le lenticulaire avec une couche opaque gravé joue le rôle d'un filtre neutre pour la lumière ambiante qui le traverse; cette lumière est rétrodiffusée par le diffuseur interne ou par le diffuseur holographique, retransverse le filtre formé de la couche opaque pour aller
 30 vers l'observateur. Avec une surface des ouvertures de la matrice noire à X%, la lumière ambiante est dégradée au minimum par un coefficient de $X\%^2$. Si le diffuseur surfacique 14 rétrodiffuse $R_0 \%$ de la lumière parasite, alors le coefficient de réflexion diffuse d'écran en l'absence de couche anti-reflet est $R_2 = R_0 X\%^2$.

Pour un diffuseur surface, R_0 est inférieur à 10% (voir article Tedesco cidessus).

Pour $X\% = 20\%$, on a $R_2 = 0,4\%$ et $R = 1,4\%$

Pour $X\% = 30\%$, on a $R_2 = 0,9\%$ et $R = 1,9\%$

5 ce qui est cohérent avec les valeurs de R annoncées ci-dessus pour l'évaluation du contraste d'écran.

L'écran assure une résolution meilleure que celle de l'état de la technique. La société Toppan (Japon) annonce des lenticulaires verticaux d'une largeur de 0,150mm et de 0.098 mm dans le futur ; la résolution correspondant en pl/mm, à une période de deux lenticulaires soit : 3,3 pl/mm à 5 pl/mm dans le futur.— L'écran décrit dans les exemples présente, dans la direction horizontale, une résolution qui est celle du diffuseur 8 utilisé et qui est supérieure à 10 pl/mm. Dans la direction verticale, la résolution a moins d'importance, pour les applications télévision; la résolution est donnée par le nombre de paires de lignes visibles par mm d'écran. Elle est fonction dans les exemples proposés de la taille des éléments lenticulaires, une 15 paire de ligne correspondant à deux éléments lenticulaires.

Les écrans décrits dans les exemples peuvent typiquement permettre d'atteindre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- un contraste supérieur à 500 avec un flux de 500 lumens sous 100 lux ambiant;
- 20 - un angle de vision vertical à l'extinction supérieur ou égal à $\pm 60^\circ$ ($\pm 30^\circ$ à miluminance);
- un angle de vision horizontal à l'extinction supérieur ou égal à $\pm 72^\circ$ ($\pm 48^\circ$ à $L/2$);
- une résolution dans la direction horizontale supérieure à 10 pl/mm
- une résolution dans la direction verticale supérieure à 3 pl/mm
- 25 - une transmission T supérieure ou égale à 0,70, avec la lentille de Fresnel.

De nombreux brevets portent sur la réalisation de lenticulaires asphériques pour la correction d'astigmatisme de la focalisation et l'étalement de la lumière émise perpendiculairement à l'axe des lenticulaires : US-A-4 387 959, US-A-4 490 010, US-A-4 432 010, US-A-6 256 145 - ; les deux derniers préconisant des lenticulaires 30 ellipsoïdaux avec une excentricité ϵ de l'ellipse égale à l'inverse de l'indice optique n pour minimiser les aberrations de focalisation. On peut utiliser l'enseignement de ces différents documents et l'appliquer aux éléments de focalisation du support.

La figure 7 montre un exemple d'écran avec des éléments lenticulaires asphériques; on a aussi porté sur la figure la lentille de Fresnel. Les notations sont les mêmes que sur les figures 2 et 3, sauf dans la mesure indiquée ci-dessous. Les éléments lenticulaires sont cylindriques et s'appuient sur des arcs d'ellipse, d'excentricité ϵ égale à l'inverse de l'indice optique n_1 du matériau utilisé pour corriger les aberrations de focalisation et limiter la taille des ouvertures dans la couche opaque. Le demi grand axe de l'ellipse est a , rayon du cercle fictif extérieur dans lequel l'ellipse est inscrite. Le demi petit axe est b , rayon du cercle fictif intérieur inscrit dans l'ellipse. On note O le centre de l'ellipse, F_1 et F_2 les deux foyers et c la distance OF_1 ou OF_2 entre le centre et un foyer. La surface plane du support est quasiment le plan focal des lenticulaires, qui contient les foyers F_2 . L'excentricité ϵ vaut c/a et $1/n_1$. L'ellipse est l'ensemble des points M vérifiant

$$F_1M + F_2M = 2a,$$

et donc

$$b^2 + c^2 = a^2 \text{ ce qui conduit à } a = b.n_1/\sqrt{(n_1^2-1)}$$

La figure montre l'exemple de lenticulaires avec les valeurs suivantes :

$$b = 0.100 \text{ mm}$$

$$n_1 = 1.5$$

$$a = 0.134 \text{ mm}$$

$$c = 0.090 \text{ mm}$$

$$e = a + c = 0.224 \text{ mm}$$

$$A = 150 \text{ } \mu\text{m}$$

$$X\% = 20\%.$$

L'axe XX' sert à construire le rayon 32 limite émis par le diffuseur 8. Ce rayon passe par le bord de l'ouverture 22 dans la couche opaque 20 et pratiquement par le centre O , du fait de la faible valeur de l'angle α entre le rayon XX' et l'axe F_1F_2 des deux foyers (ou la normale à l'écran). On a

$$\text{tg } \alpha = A/2 \cdot X\% / c \Rightarrow \alpha = 9.5^\circ$$

ce qui dans l'exemple considéré donne une émission à mi-luminance du diffuseur de $9.5^\circ \times 2/3$, soit 6.4° . On a encore

$$\text{tg } \gamma = A/2 \cdot (1 + X\%) / D$$

avec D proche de $F_1F_2 = 2c$ du fait du choix de A

$$\sin \beta = n_1 \cdot \sin \gamma$$

ce qui donne

$$\gamma = 27^\circ$$

$\beta = 43^\circ$ à l'extinction et $\beta(L/2) = 20^\circ$ à mi-luminance, ce qui est trop élevé pour l'application TV et trop faible pour l'application moniteur graphique.

- 5 Augmenter la valeur de $\beta(L/2)$ jusqu'à $\pm 30^\circ$ ou plus est possible par l'application d'un second diffuseur surfacique dans les ouvertures de la couche opaque ; ce qui contribue à minimiser la scintillation s'il y a lieu.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits. Pour ce qui est de la fabrication, la figure 2 montre des éléments lenticulaires obtenus
 10 par moulage, extrusion, ou dans le cas de fine structure avec $A < 0,200$ mm, par réticulation sous radiation adaptée (U.V.,...) d'une résine photopolymère sur un support de faible épaisseur comme suggéré dans JP A-3-12704, US 4 083 626 et autres... Tedesco ci-dessus cité préconise cette méthode photopolymère pour la réplique d'une surface diffusante sur un support fin ou rigide ; ceci peut être utilisé
 15 pour la réalisation du diffuseur principal 8 de l'invention et du ou des autres diffuseur(s) pour la minimisation de la scintillation d'écran.

Dans les exemples des figures, l'écran est utilisé dans une application de rétroprojecteur, avec une lentille de Fresnel. Dans les exemples proposés, on a considéré une distance A de 150 microns entre les éléments lenticulaires. On pourrait
 20 aussi choisir une distance plus importante, par exemple au plus 500 microns; une valeur de 250 microns au plus améliore toutefois la résolution.

En conclusion, dans les différents exemples proposés plus haut :

- l'émission d'écran selon la direction horizontale est donnée par le diffuseur principal 8;
- 25 - l'émission d'écran selon la direction verticale est assurée principalement par le support à lenticulaires : dans le cas de l'application télévision, la correction d'astigmatismes par sphéricité n'est pas forcément utile et les lenticulaires peuvent être quasi-cylindriques à section circulaire, ce qui présente l'avantage d'une fabrication aisée; ceci diffère fondamentalement de l'état de l'art qui fait
 30 intervenir des lenticulaires verticaux asphériques pour l'émission d'écran en horizontal.

Dans le cas de l'application moniteur graphique et murs d'images selon les exemples de l'invention, l'angle d'émission en vertical est assuré par les lenticulaires horizontaux asphériques.

La figure 8 représente un support 10 à lenticulaires adapté à l'application moniteur graphique et murs d'images. Est représentée la couche opaque munie des ouvertures avec $X\% = 20\%$.

Ne sont pas représentés : la Fresnel 6, le diffuseur 8, le substrat 24.

Les caractéristiques de la figure 8 sont :

$a = 0,115 \text{ mm}$

10 $b = 0,085 \text{ mm}$

$c = 0,075 \text{ mm}$

$e = 0,190 \text{ mm}$

$A = 0,150 \text{ mm}$

$X\% = 20 \%$

15 $n = 1,5$

ce qui donne : l'angle à l'extinction $\beta = \pm 60^\circ$

et l'angle à mi-luminance $\beta (L/2) > \pm 30^\circ$

Le diffuseur 8 associé présente les angles caractéristiques :

$X\% = 20 \%$ $\alpha = 11,5^\circ$ $\alpha(L/2) = 7,6^\circ$

20 $X\% = 10 \%$ $\alpha = 5,7^\circ$ $\alpha(L/2) = 3,8^\circ$

$X\% = 5\%$ $\alpha = 2,8^\circ$ $\alpha(L/2) = 1,9^\circ$

sur le petit axe, ce qui est dans le domaine du réalisable. Sur le grand axe, l'angle à mi-luminance est $\pm 40^\circ$ voire $\pm 48^\circ$. (voir diffuseur holographique de la société POC). Peut être utilisé aussi le diffuseur surfacique asymétrique proposé par la société Reflexite Display Optics, sous la référence SN 1375 avec un angle α à mi-luminance de $\pm 7^\circ$ sur le petit axe pour une valeur d'ouverture $X\% = 20\%$. L'angle de diffusion sur le grand axe de ce diffuseur est de $\pm 33^\circ$ à mi-luminance ; cette valeur est faible mais peut être améliorée.

La réalisation du support 10 fait intervenir la méthode du photopolymère (voir ci-dessus) pour former les lenticulaires 18 sur un support film de base d'épaisseur voisine de $0,075 \text{ mm}$.

La figure 9 représente un support 10 adapté à l'application TV. Les caractéristiques de la figure 9 sont :

$$a = 0,200 \text{ mm}$$

$$b = 0,150 \text{ mm}$$

$$5 \quad c = 0,135 \text{ mm}$$

$$e = 0,335 \text{ mm}$$

$$A = 0,150 \text{ mm}$$

$$X\% = 20\%$$

$$n = 1,5$$

10 ce qui donne l'angle à l'extinction $\beta = \pm 26^\circ$ et l'angle à mi-luminance $\beta(L/2) = \pm 13,5^\circ$.

Le diffuseur 8 associé présente les angles caractéristiques suivants :

-sur le petit axe : $\alpha = \pm 6,4^\circ$ $\alpha(L/2) = \pm 4,2^\circ$ pour $X\% = 20 \%$

$$\alpha = \pm 3,2^\circ \quad \alpha(L/2) = \pm 2,1^\circ \text{ pour } X\% = 10 \%$$

15 $\alpha = \pm 1,6^\circ \quad \alpha(L/2) = \pm 1^\circ$ pour $X\% = 5 \%$

- sur le grand axe : $\alpha_H = \pm 72^\circ$ $\alpha_H(L/2) = \pm 48^\circ$ dans le cas du diffuseur holographique de la société POC.

Le support 10 plus épais que pour la figure 8 peut être réalisé par les techniques connues de l'art.

20 Les exemples illustrés par les figures 8, 9 ou 3 montrent bien l'esprit de l'invention : soit un diffuseur surfacique émettant sur le grand axe avec un angle à mi-luminance de $\pm 40^\circ$, voire $\pm 48^\circ$ et sur le petit axe avec un angle à mi-luminance de $\pm 1^\circ$ à $\pm 4^\circ$; l'association à ce diffuseur du support 10 avec $A = 0,150 \text{ mm}$ présentant par ailleurs soit les caractéristiques de la figure 8, soit celles des figures 9 et 3
25 conduit à un écran dédié respectivement à l'application moniteur graphique ou à l'application TV.

Dans ces deux cas est appliqué un diffuseur présentant un angle sur le petit axe le plus faible possible pour constituer des ouvertures de la couche opaque avec le taux $X\%$ minimisé ; ceci dans le but d'accroître le contraste d'écran.

REVENDICATIONS

1. Un écran comprenant:
 - un diffuseur (8) présentant un diagramme de rayonnement allongé avec un grand axe horizontal;
 - un support (10) avec des éléments de focalisation cylindriques (18) sensiblement parallèles au grand axe du diagramme de rayonnement du diffuseur et une couche opaque (20) avec des ouvertures (22) adaptées à laisser passer la lumière focalisée par les éléments de focalisation.
2. L'écran de la revendication 1, caractérisé en ce que le diffuseur présente un diagramme de rayonnement avec un angle à mi-luminance inférieur à $\pm 10^\circ$, voire $\pm 5^\circ$, dans la direction verticale.
3. L'écran de la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le diffuseur présente un diagramme de rayonnement avec un allongement supérieur à 6, de préférence supérieur à 12.
4. L'écran de la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que les ouvertures dans la couche opaque représentent au plus 30% de l'ensemble de la surface, voire au plus 20% et de préférence au plus 10% de l'ensemble de la surface.
5. L'écran de l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le diffuseur est un diffuseur surfacique.
6. L'écran de la revendication 5, caractérisé en ce que la surface active (14) du diffuseur (8) est tournée vers le support.
7. L'écran de la revendication 5, caractérisé en ce que le diffuseur est un diffuseur holographique avec une surface active opposée au support.
8. L'écran de l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un diffuseur supplémentaire.

9. L'écran de la revendication 8, caractérisé en ce que le diffuseur supplémentaire est conique
10. L'écran de la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que le diffuseur supplémentaire présente un angle maximal de diffusion inférieur à l'angle de diffusion vertical du diffuseur à diagramme de rayonnement allongé.
11. L'écran de la revendication 8, 9 ou 10, caractérisé en ce que le diffuseur supplémentaire est un diffuseur surfacique formé sur une surface du diffuseur (8).
12. L'écran de la revendication 8, caractérisé en ce que le diffuseur supplémentaire est un diffuseur surfacique formé adjacent à la couche opaque (20).
13. L'écran de l'une des revendications 1 à 12, caractérisé par un substrat (24) disposé par-dessus la couche opaque (20).
14. L'écran de l'une des revendications 1 à 13, caractérisé par une lentille de Fresnel avec la surface active vers le diffuseur (8).
15. L'écran de la revendication 14, caractérisé par un élément lenticulaire vertical en entrée de la lentille de Fresnel (6).
16. L'écran de la revendication 15, caractérisé en ce que le diffuseur supplémentaire est un diffuseur surfacique formé sur la surface d'entrée (4) de la lentille de Fresnel (6).
17. L'écran de la revendication 14, 15 ou 16, caractérisé en ce qu'il présente une transmission optique supérieure ou égale à 0.70.
18. L'écran de l'une des revendications 14 à 17, caractérisé par un angle d'émission à mi-luminance dans le plan horizontal supérieur à $\pm 48^\circ$ et par un angle à l'extinction dans le plan horizontal supérieur à $\pm 72^\circ$.

19. L'écran de l'une des revendications 14 à 18, caractérisé par une résolution selon l'axe horizontal supérieure à 10 paires de lignes par mm.
20. L'écran de l'une des revendications 14 à 19, caractérisé en ce que la lentille de Fresnel, le diffuseur, le support et le substrat sont assemblés par collage périphérique.
21. L'écran de l'une des revendications 13 à 20, caractérisé en ce qu'il présente, sur au moins une surface non-diffusante une couche anti-reflet, de préférence du type à œil de mouche.
22. L'écran de l'une des revendications 13 à 21, caractérisé en ce que le support, du côté de la couche opaque, est collé sur le substrat.
23. Un rétroprojecteur, comprenant un projecteur (2) et un écran selon l'une des revendications 14 à 22, la lentille de Fresnel étant adaptée à collimater la lumière issue du projecteur.
24. Le rétroprojecteur de la revendication 23, caractérisé par un contraste supérieur à 500 sous éclairage ambiant de 100 lux, pour un flux lumineux du projecteur de 500 lumens.

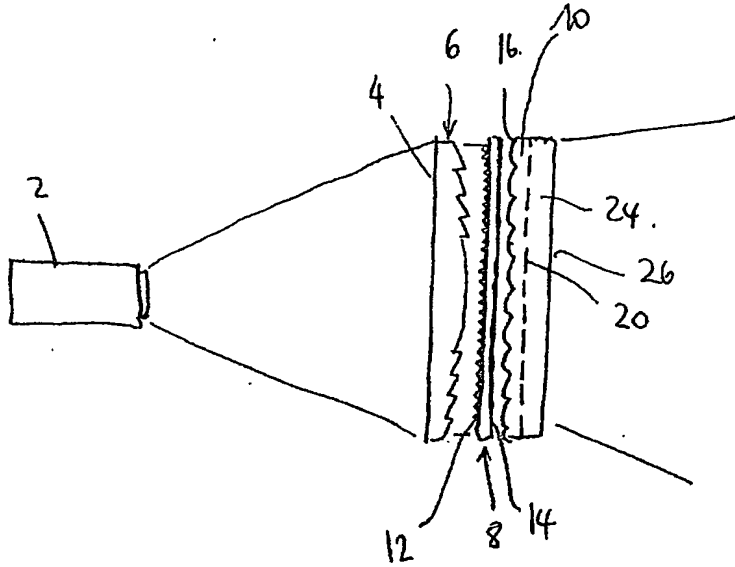


Fig. 1

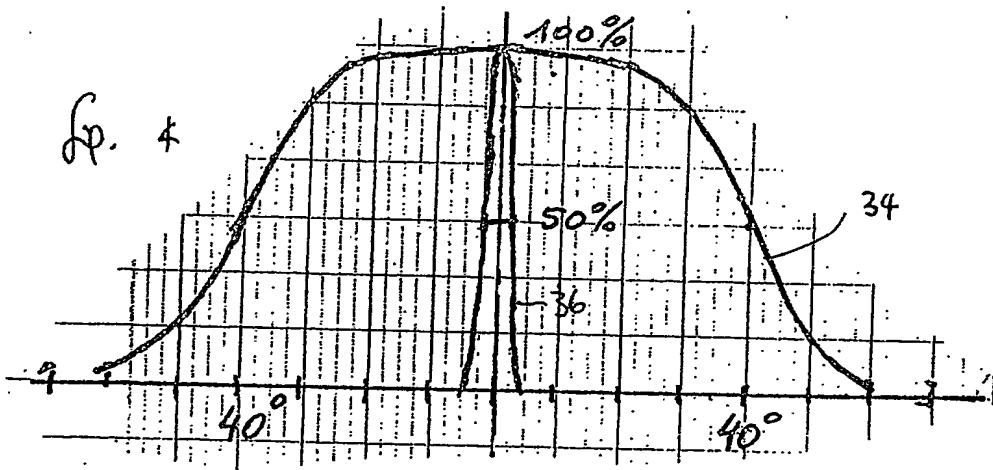


Fig. 4

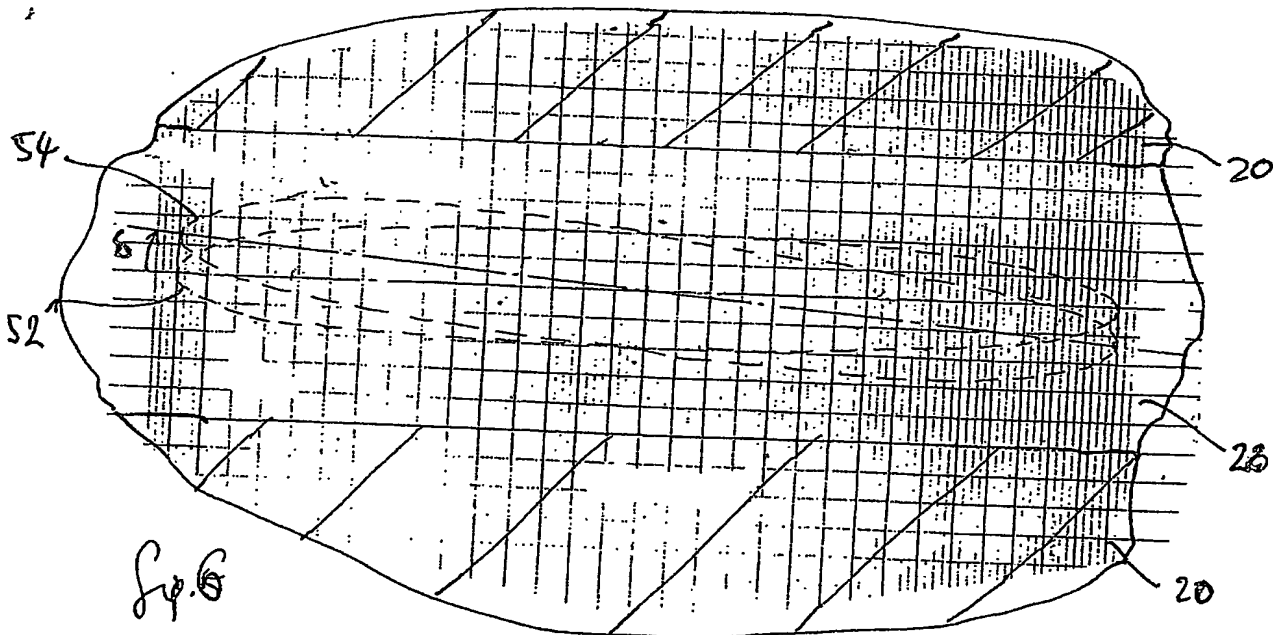
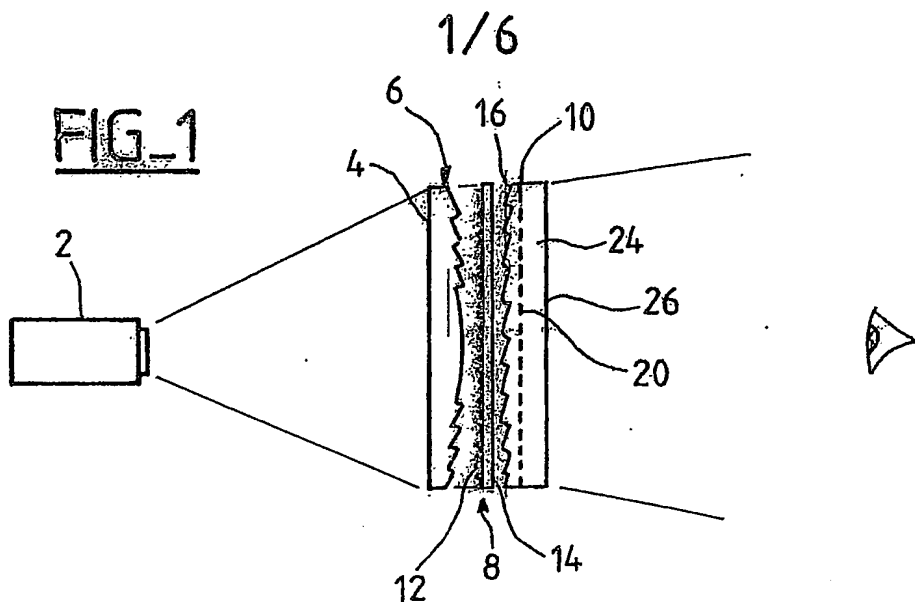
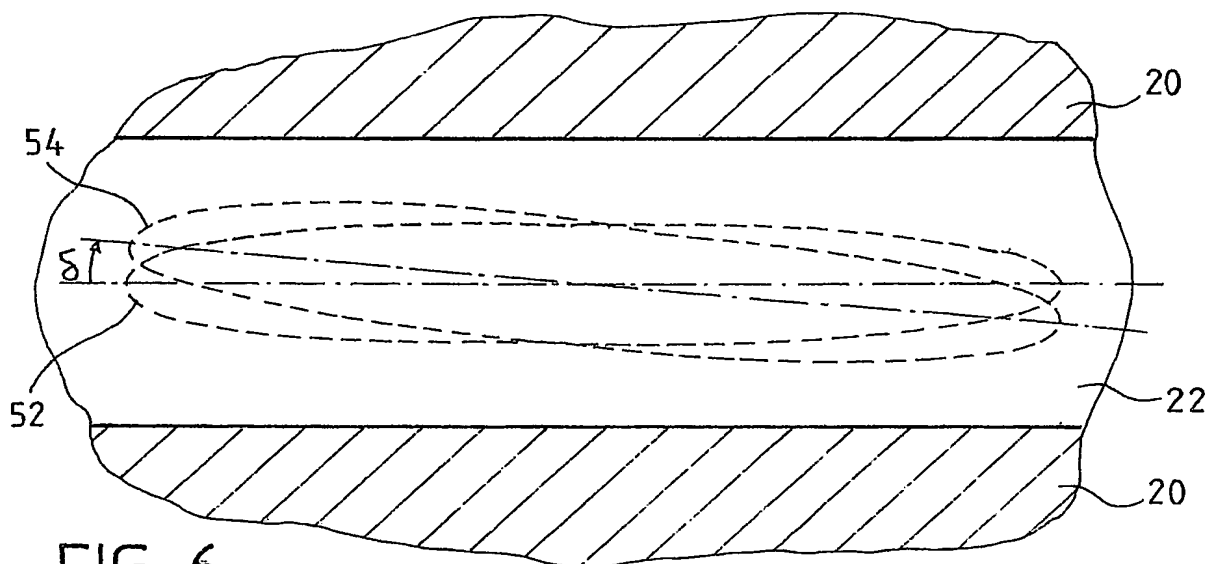
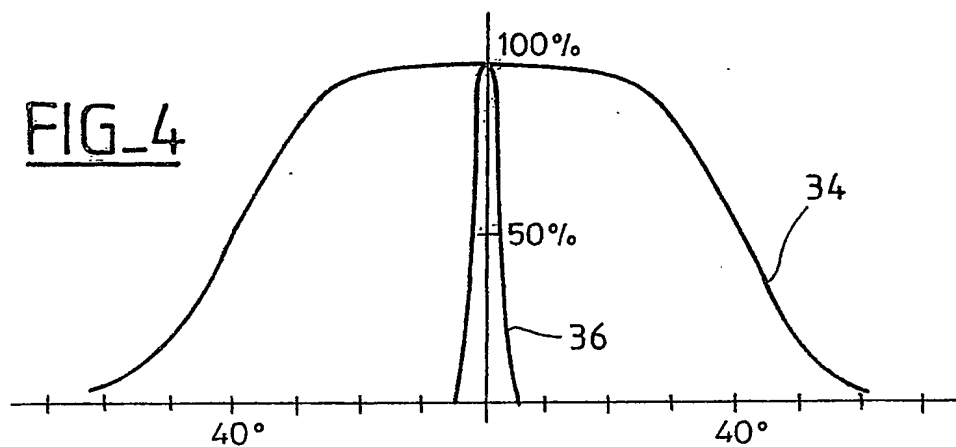


Fig. 6

FIG_1



FIG_4



FIG_6

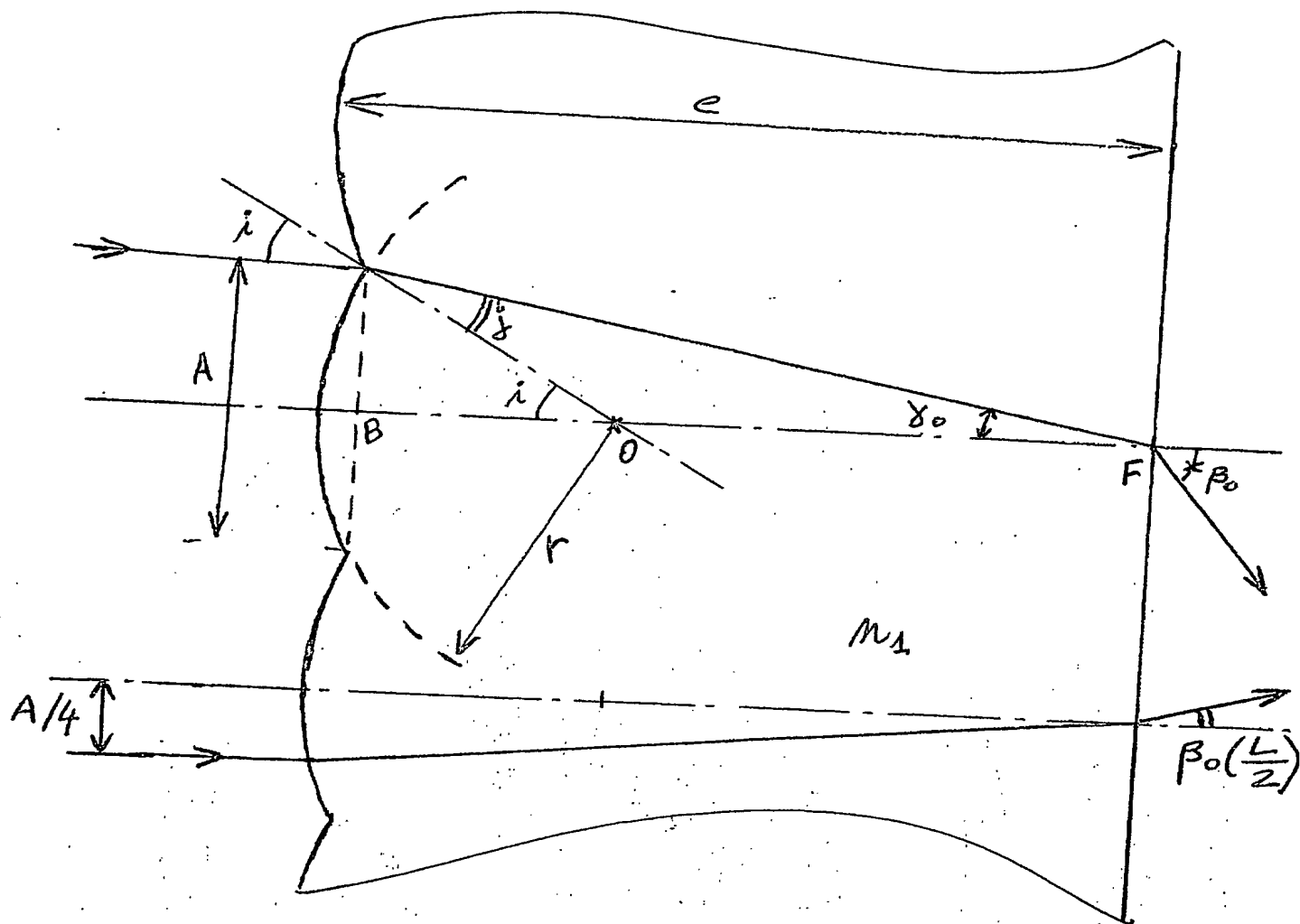
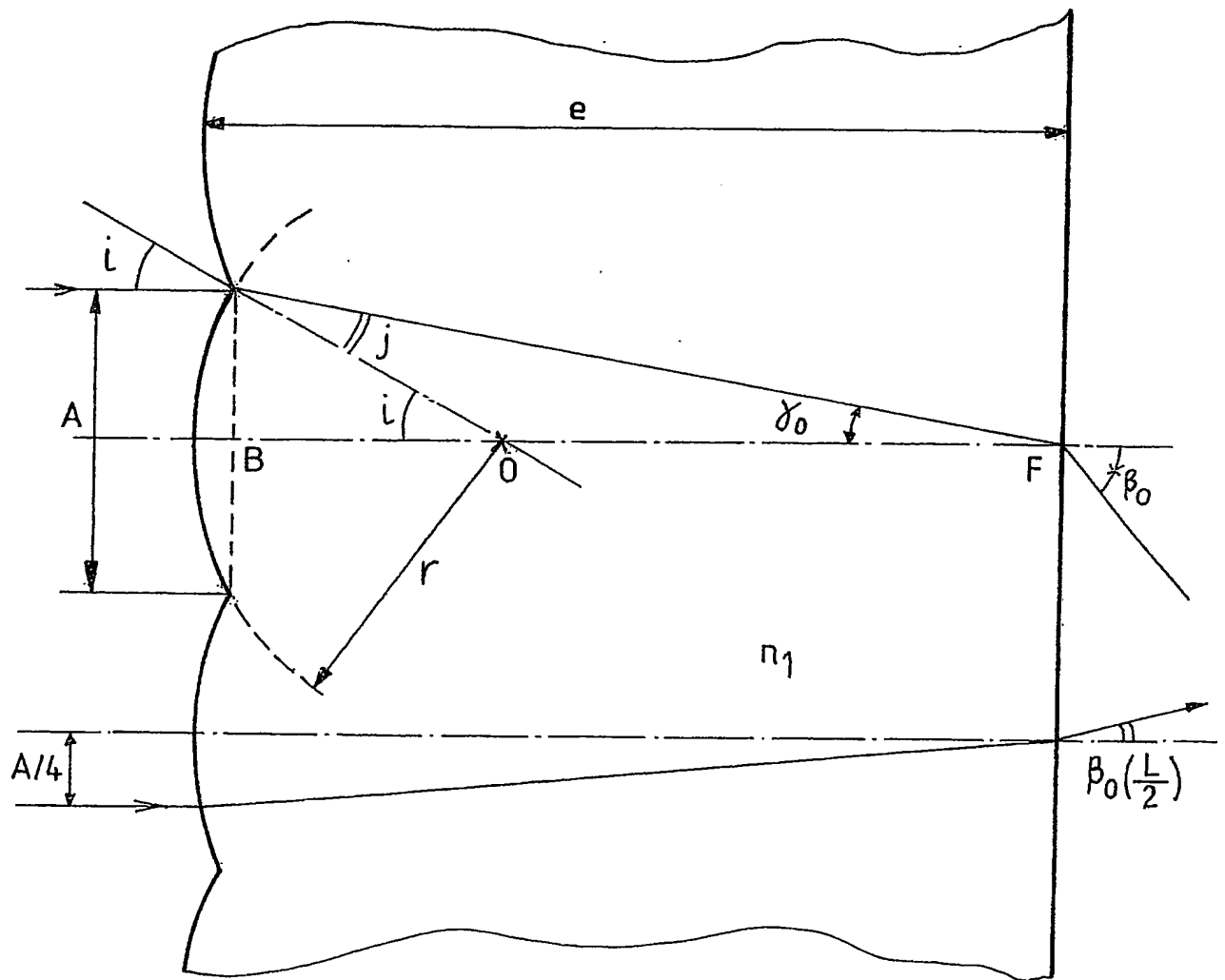
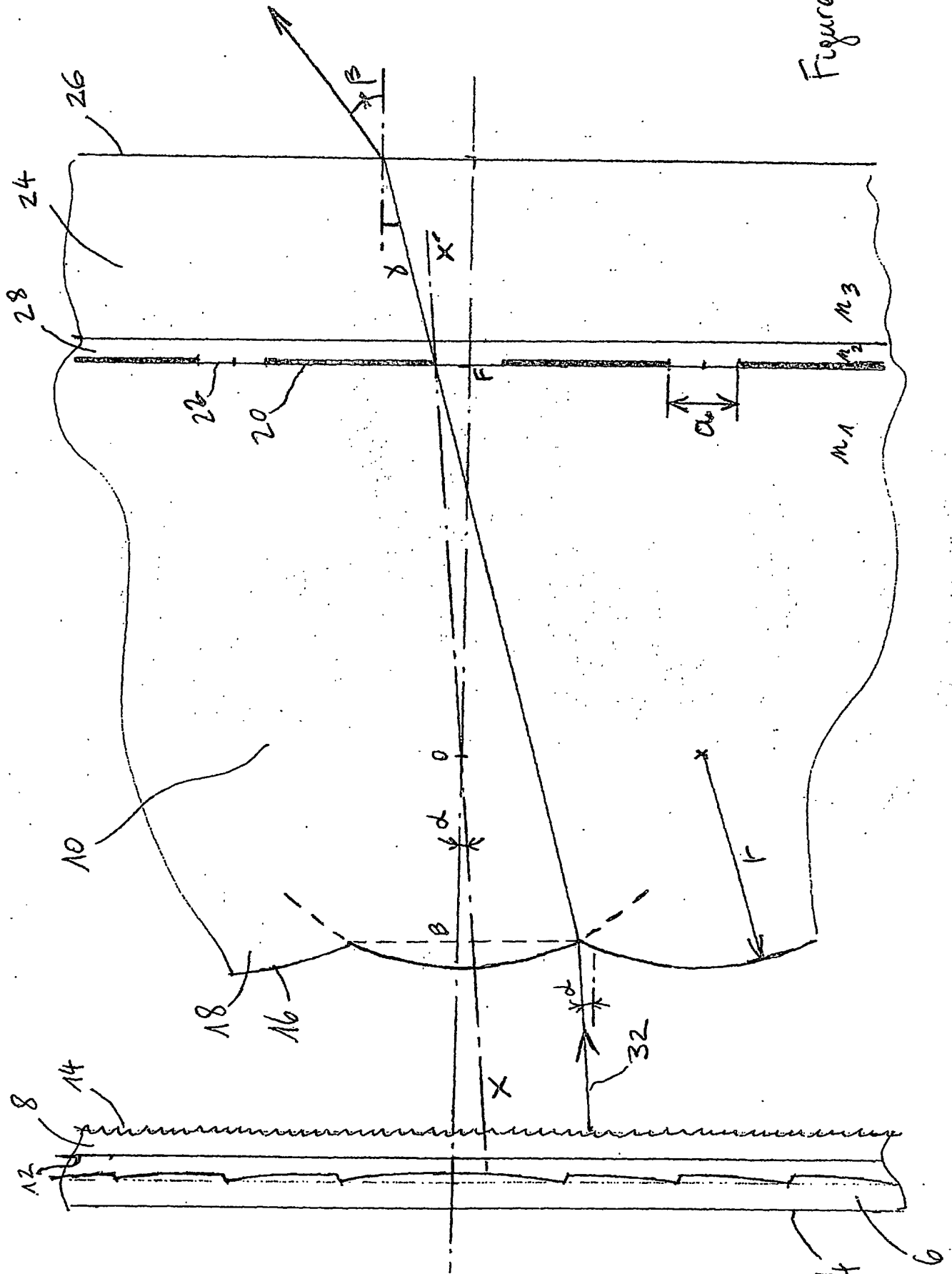


Figure 2

2/6

FIG. 2





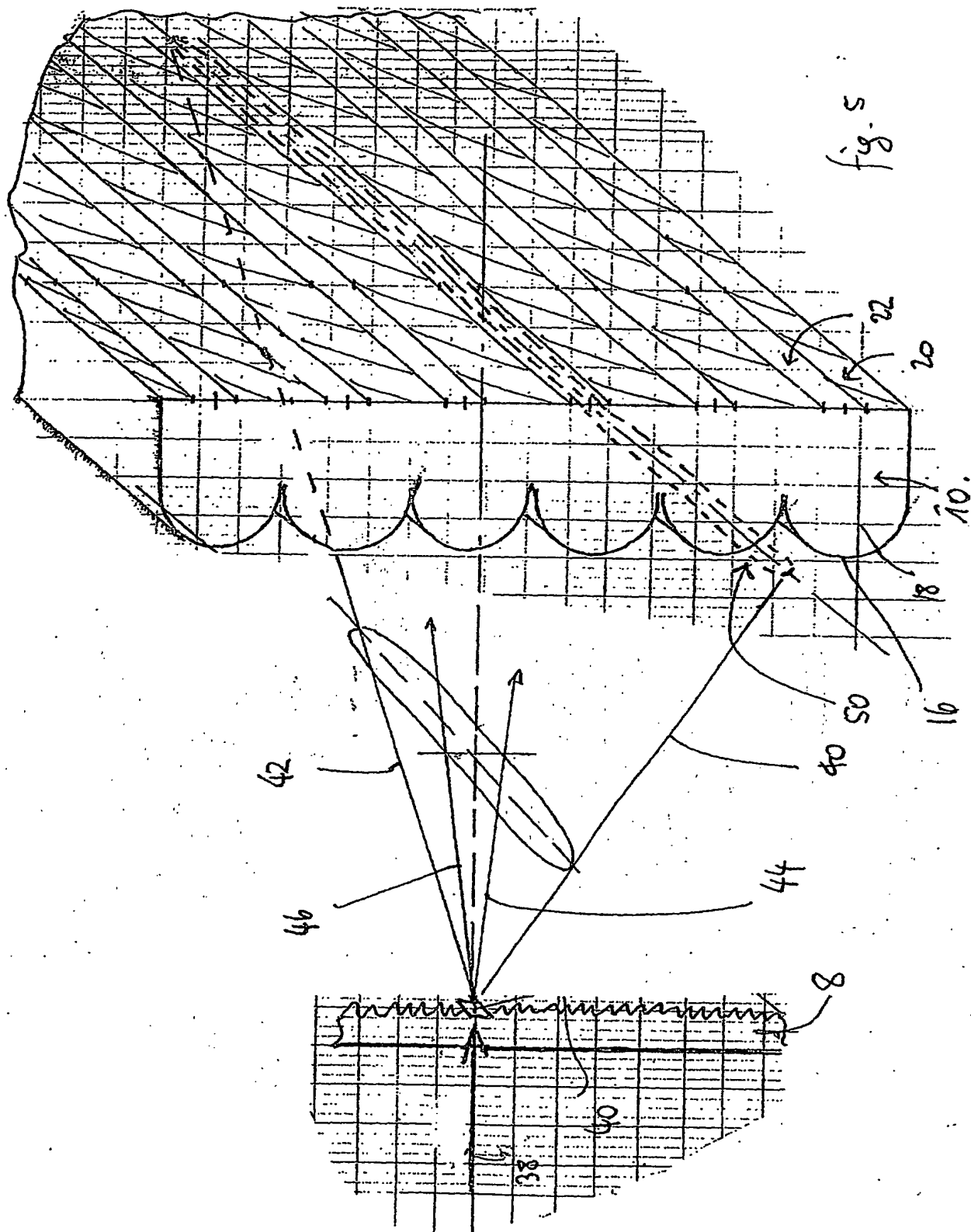
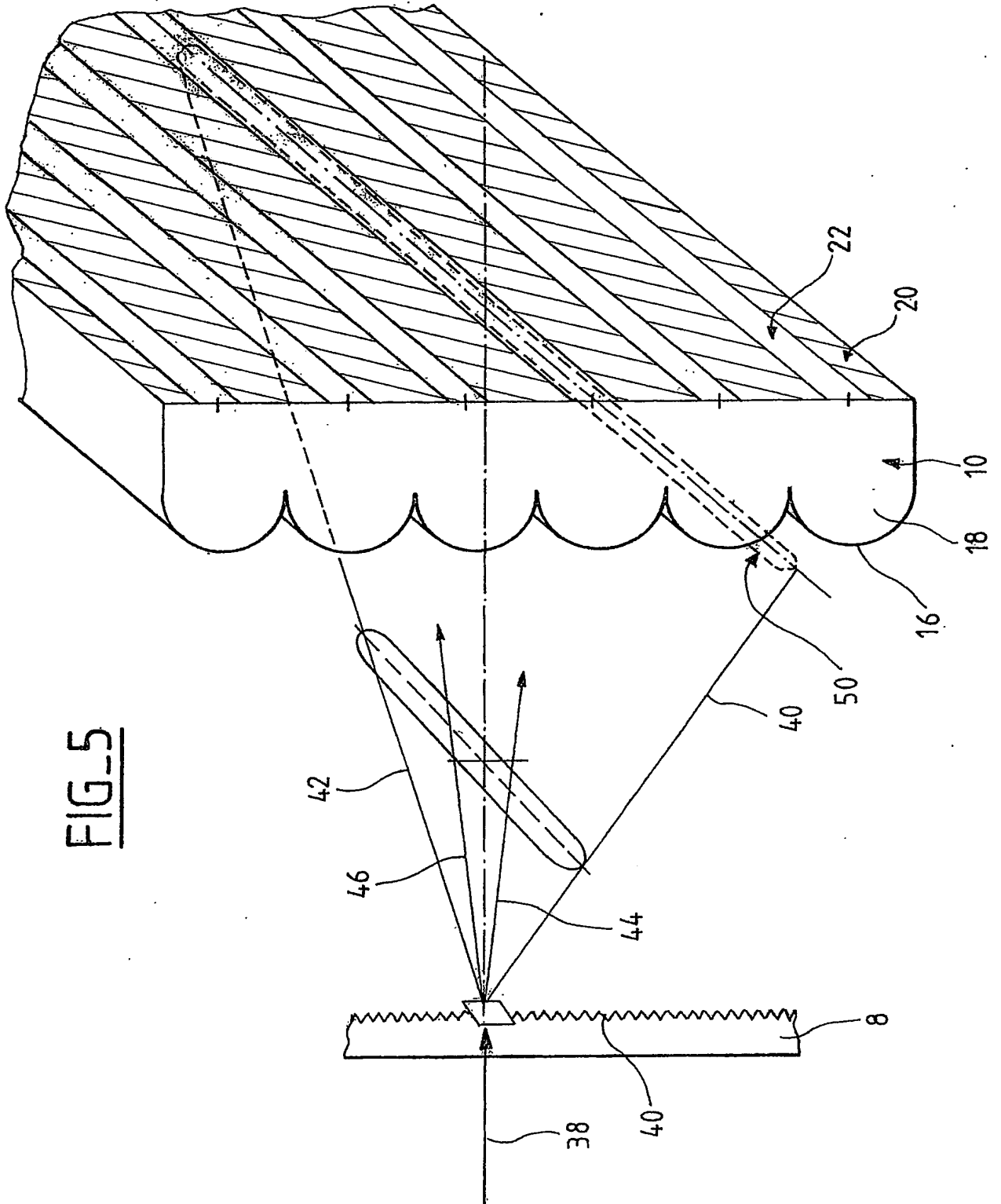


FIG. 5



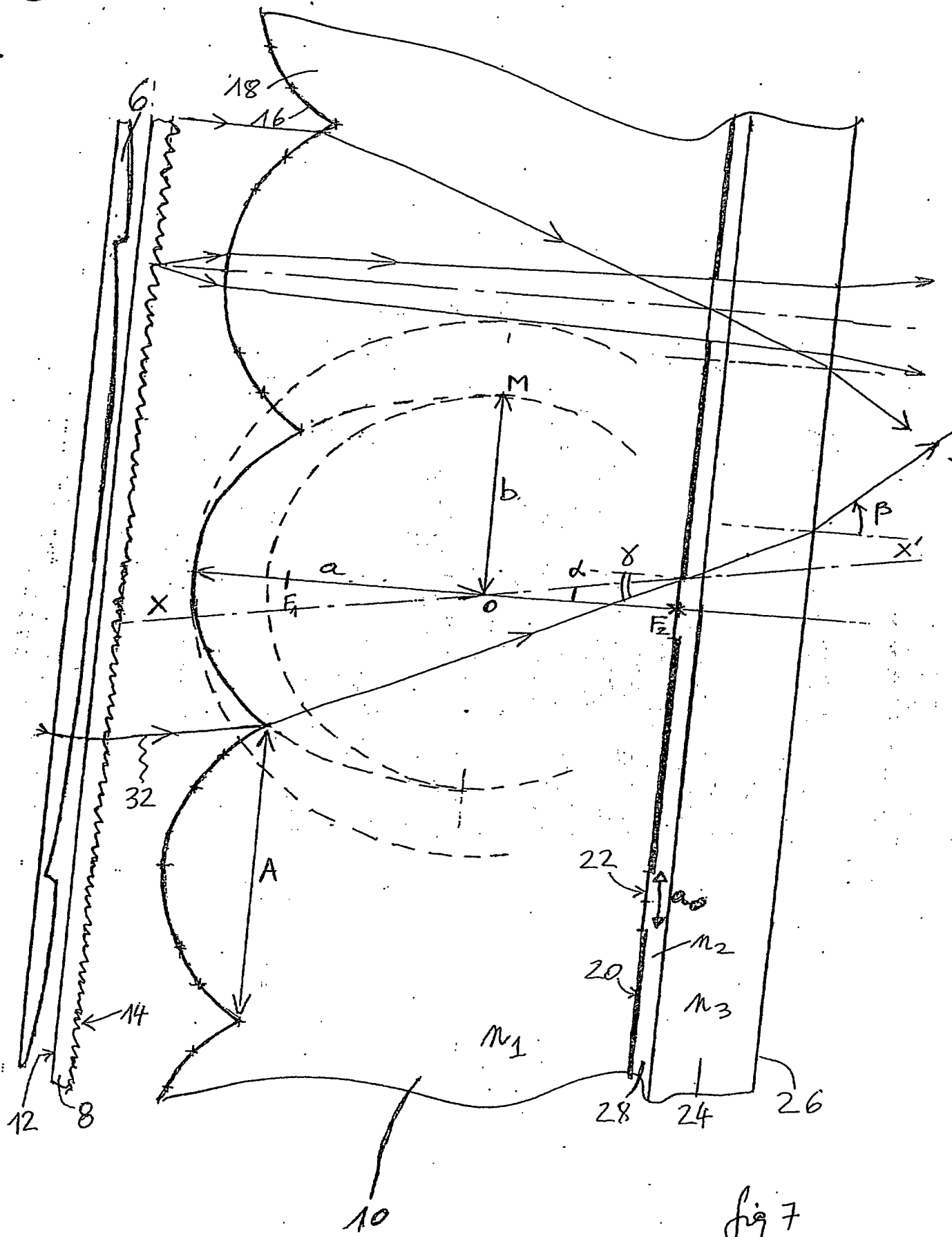


FIG. 7

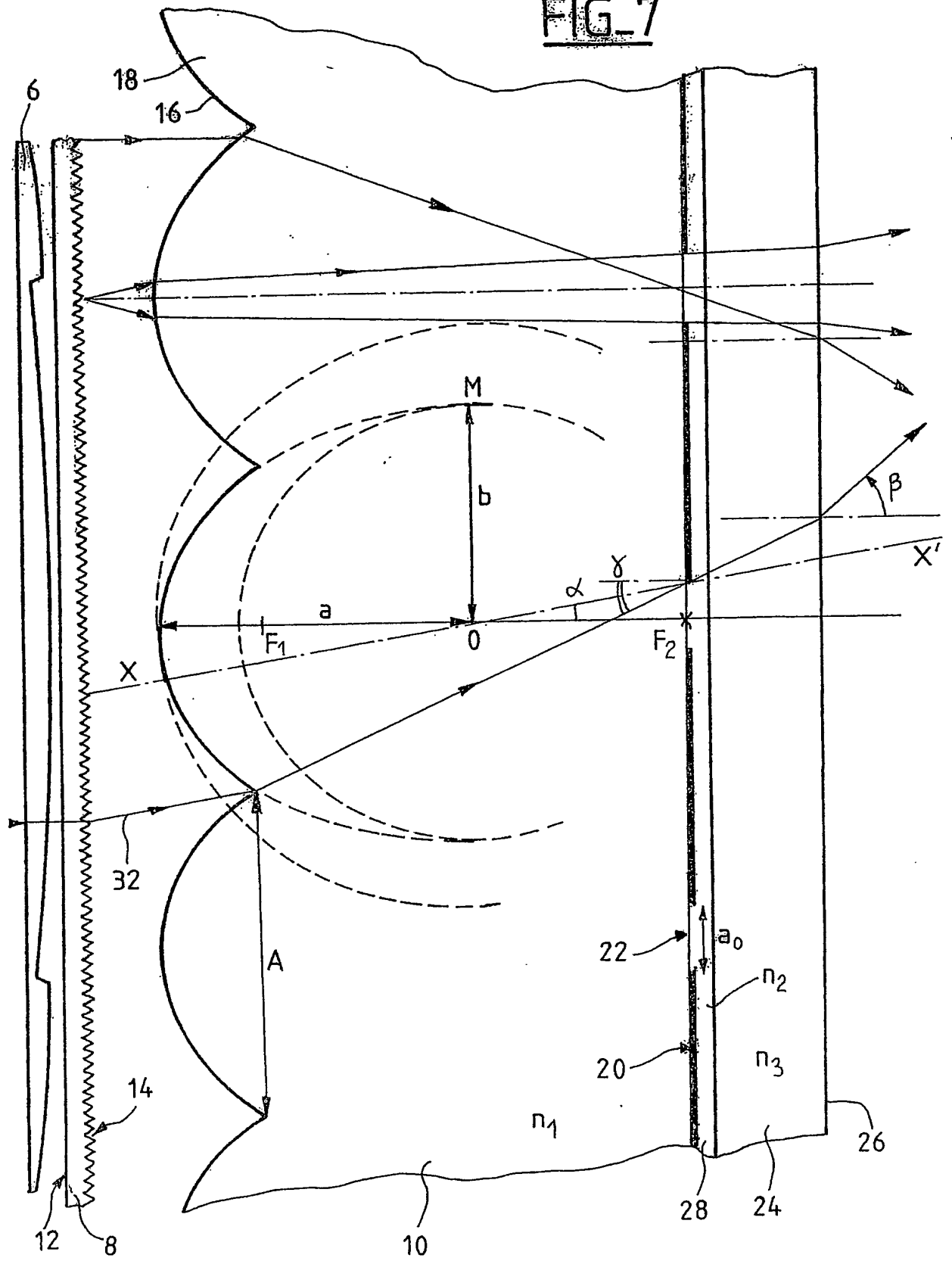


Figure 8

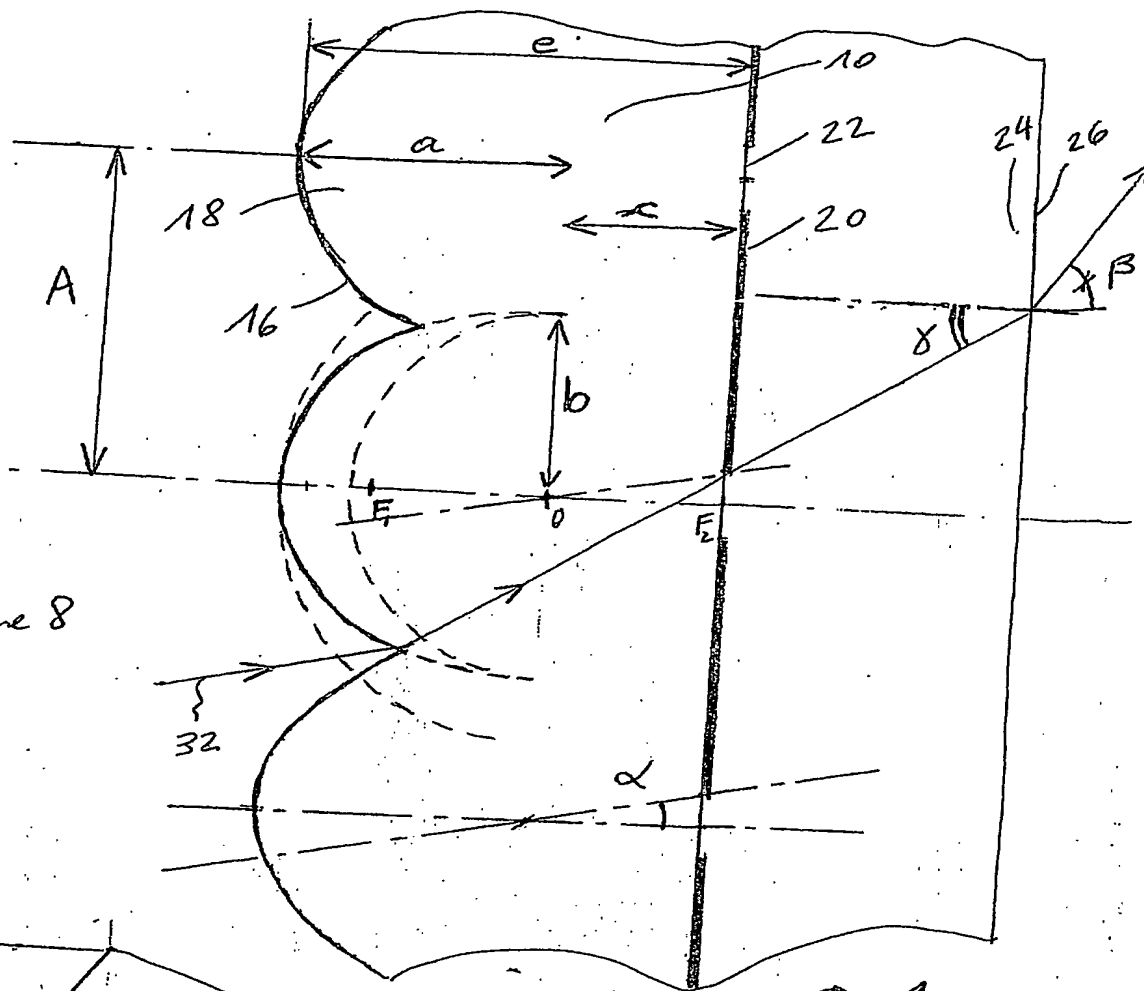
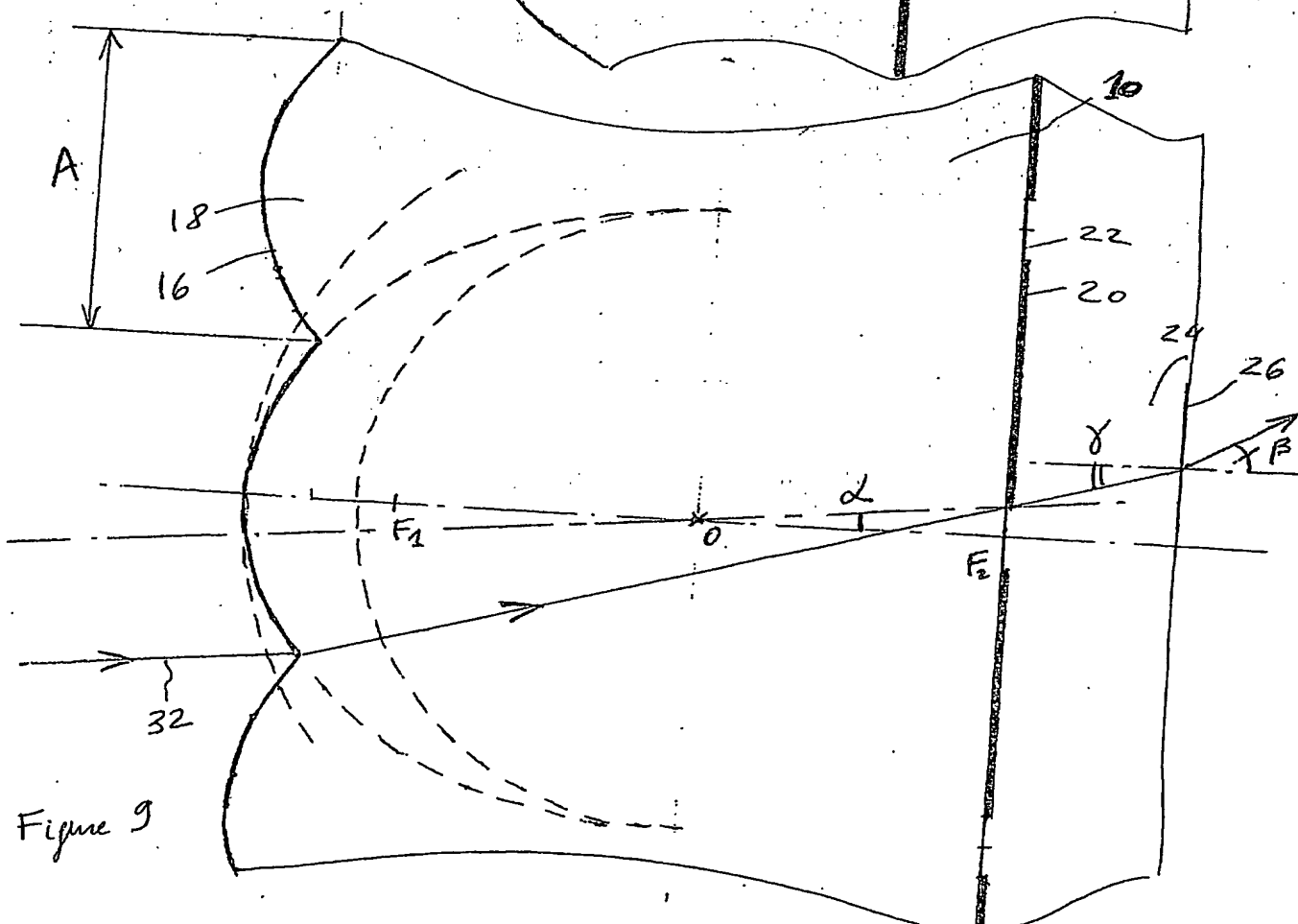
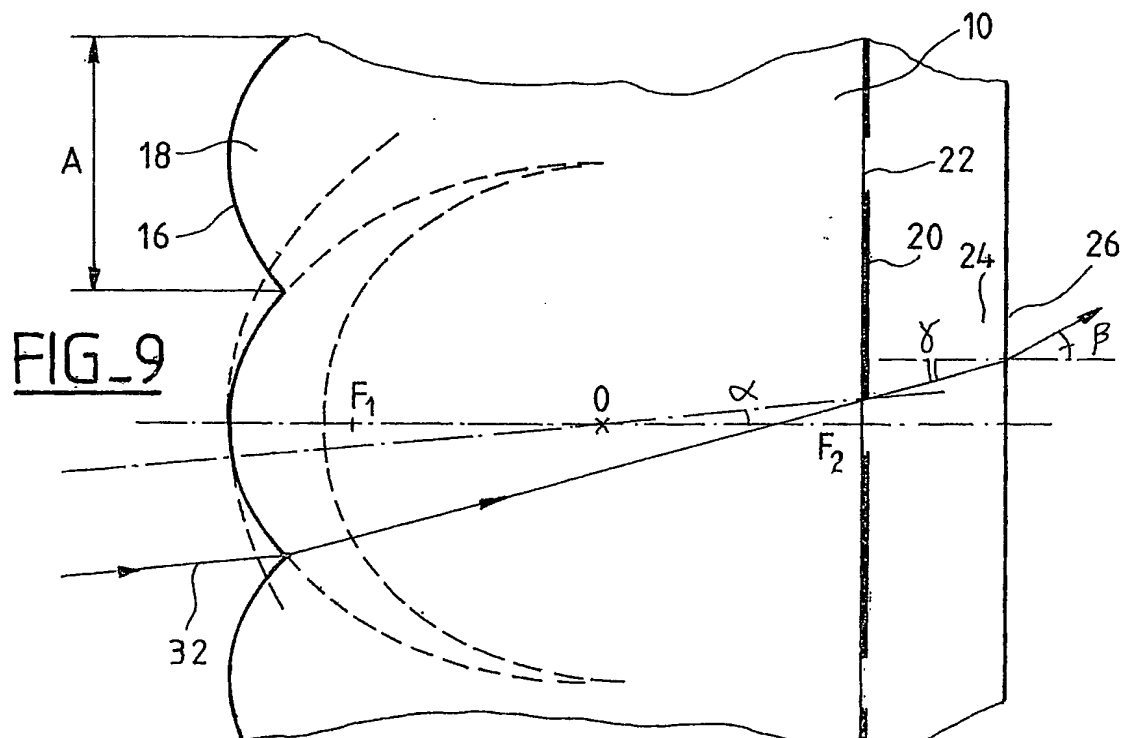
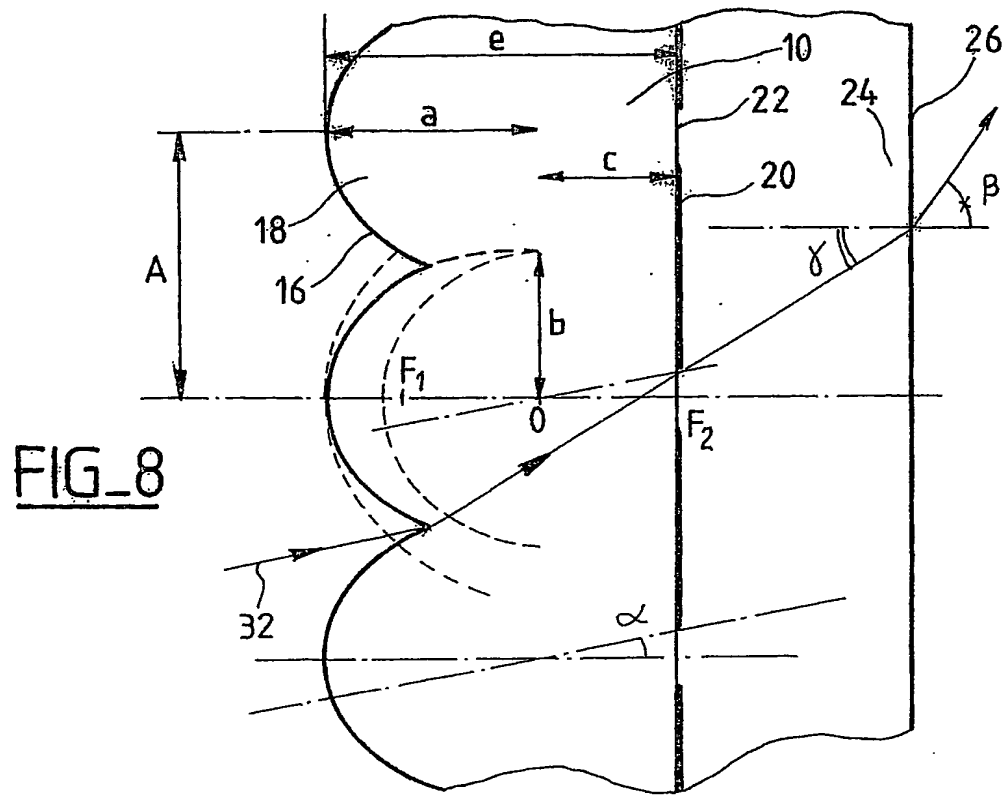


Figure 9





BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235*03



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° .1./1.

(À fournir dans le cas où les demandeurs et
les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601

| | | |
|---|----------------------|--|
| Vos références pour ce dossier (facultatif) | | 20599 SYL 8 |
| N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL | | 0304125 |
| TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) ECRAN DE RETROPROJECTION | | |
| LE(S) DEMANDEUR(S) : SYNELEC TELECOM MULTIMEDIA Zone Industrielle Saint Sernin sur Rance 12380 SAINT SERIN SUR RANCE FRANCE | | |
| DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : | | |
| 1 Nom | | GIBILINI |
| Prénoms | | Daniel |
| Adresse | Rue | 2120, route du Bouloud |
| | Code postal et ville | 1318410 SAINT MARTIN D'URIAGE - FRANCE |
| Société d'appartenance (facultatif) | | |
| 2 Nom | | |
| Prénoms | | |
| Adresse | Rue | |
| | Code postal et ville | |
| Société d'appartenance (facultatif) | | |
| 3 Nom | | |
| Prénoms | | |
| Adresse | Rue | |
| | Code postal et ville | |
| Société d'appartenance (facultatif) | | |
| S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages. | | |
| DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) | | |
| Paris, le 2 Avril 2003 POCHART François | | J-C. VIEILLEFOSSE 02-1100 |

PCT/FR2004/000839

